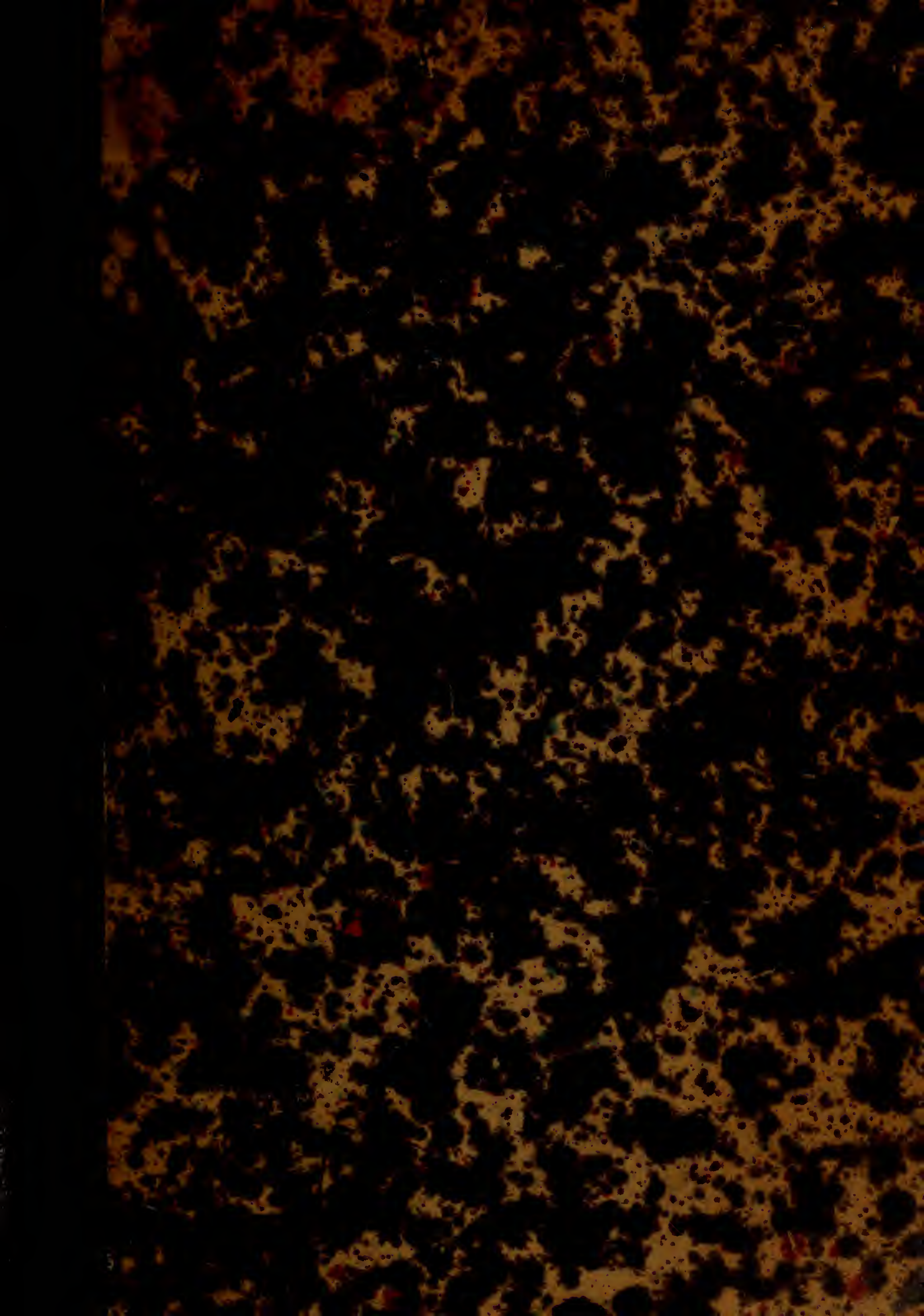
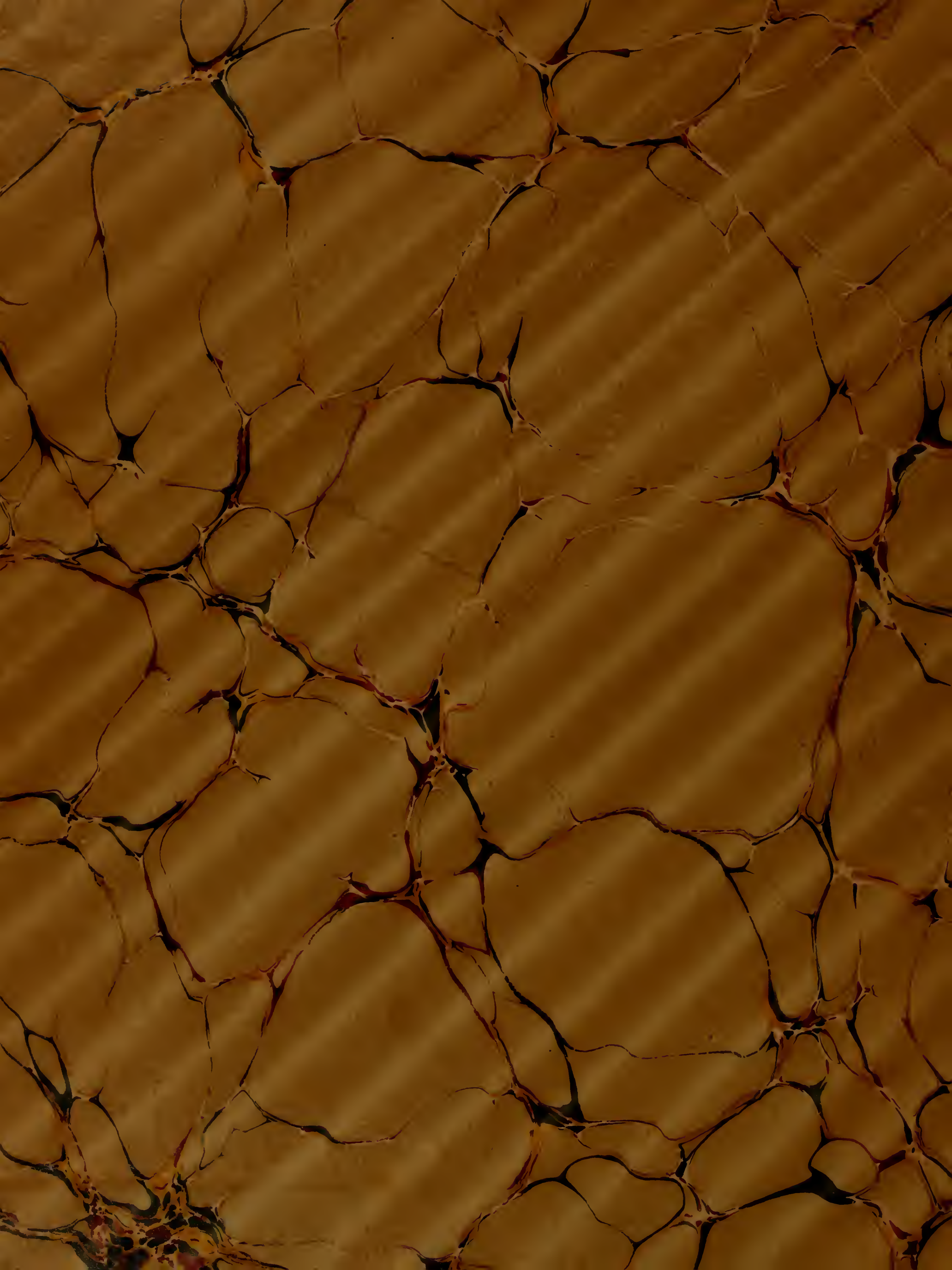








LES

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

DANS LA SÉRIE ANIMALE

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

I. **Traité d'anatomie descriptive**, avec figures intercalées dans le texte, 4 volumes. 3e édition. 1876 .... 60 fr.

II. **Recherches anatomiques et physiologiques sur l'appareil respiratoire des oiseaux**. Grand in-4° avec planches. 1847 .... 10 fr.

III. **Études sur l'appareil mucipare et le système lymphatique des poissons**. Grand in-folio, 1880, avec planches .... 75 fr.

IV. **Anatomie, physiologie, pathologie des vaisseaux lymphatiques considérés chez l'homme et les vertébrés**. Grand in-folio avec atlas.

Cet ouvrage est publié par livraison. Quatre livraisons ont déjà paru. Les six dernières paraitront le 1er novembre prochain.

Le prix de chaque livraison est de .... 20 fr.

V. **Recherches sur les veines portes accessoires**, et sur la part qu'elles prennent à la dérivation du sang de la veine porte ou veine principale, lorsque ce liquide ne trouve plus dans le foie un libre passage. Ce mémoire, honoré d'un savant rapport de M. Ch. Robin, est accompagné de quatre planches lithographiées qui montrent les anatomoses établies entre le système veineux abdominal et le système veineux général, dans leur état normal et leurs divers degrés de dilatation. (*Épuisé.*)

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

LES

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

DANS LA SÉRIE ANIMALE

CONSTITUTION, ORIGINE, ÉVOLUTION, ALTÉRATIONS MORBIDES
DE CES ÉLÉMENTS

PAR

PH. C. SAPPEY
PROFESSEUR D'ANATOMIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE QUINZE PLANCHES
LITHOGRAPHIÉES ET COLORIÉES

PARIS
LIBRAIRIE A. DELAHAYE ET E. LECROSNIER
4, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 4

1881

LES

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

DANS LA SÉRIE ANIMALE

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

La constitution, l'origine, le mode d'évolution de ces éléments et les altérations qu'ils présentent dans une foule de maladies, ont fixé l'attention d'un très grand nombre d'auteurs. Tous ont fait les plus louables efforts pour élucider leur étude ; et cette étude, cependant, reste couverte d'épais nuages. Consultez les travaux si divers inscrits dans les archives de la science ; parcourez le grand ouvrage de M. Milne-Edwards, mine féconde où ces travaux sont si fidèlement reproduits et si judicieusement appréciés ; rapprochez et comparez les conclusions des observateurs : vous ne trouverez que des opinions qui s'entre-choquent [1]. Chacun d'eux a bien compris toute l'importance du problème qu'il avait à résoudre et en a consciencieusement cherché la solution sans réussir à la formuler. C'est cette solution que je reprends et que je poursuis à mon tour. Mais je la reprends sur une base plus large. Si mes prédécesseurs ont échoué, c'est, je crois, pour s'être renfermés dans un cercle trop étroit. La plupart ont limité leurs recherches à l'homme, ou aux mammifères, ou à telle ou telle classe de vertébrés; ils se sont ainsi privés des lumières que donnent le rapprochement, l'accumulation des faits et leur incessante comparaison.

Pour arriver à des résultats plus satisfaisants et plus complets que mes prédécesseurs, j'ai donc pensé que mes observations devaient porter non seulement

(1) Milne-Ewards. — *Leçons sur l'anatomie et la physiologie comparées*, t. I. — Deuxième leçon : *Sang des vertébrés*, p. 36, et troisième leçon : *Sang des invertébrés*, p. 91.

sur les deux grands embranchements de la série animale, mais aussi sur toutes les classes, sur tous les ordres et tous les principaux genres de chacun de ceux-ci. Elles m'ont conduit à reconnaître *l'unité de constitution* et *l'unité d'évolution* des éléments figurés du sang. Les faits, les considérations et tous les développements exposés dans ce travail ne seront qu'une longue démonstration de cette double conclusion.

Je m'attacherai aussi à déterminer l'origine de ces éléments, et je pense pouvoir établir clairement qu'ils naissent, d'une part, par voie de genèse dans un grand nombre d'organes en apparence très différents ; de l'autre, par voie de prolifération dans le système vasculaire sanguin.

Après avoir considéré les éléments figurés du sang à l'état normal, après les avoir suivis dans toutes les périodes de leur développement, j'ai cru devoir fixer également mon attention sur les altérations qu'ils subissent dans le cours de certaines maladies. Cette dernière étude m'a permis de mieux définir le rôle qu'ils jouent dans l'inflammation, la suppuration, le cancer, etc.

Ce travail comprendra quatre principaux chapitres. Dans le premier j'exposerai en termes généraux tout ce qui se rattache à la constitution, à l'origine et au mode d'évolution des éléments figurés du sang. Dans le second, ces éléments seront considérés en particulier dans chaque classe, chaque ordre, chaque genre, d'abord chez les invertébrés, puis chez les animaux vertébrés. Dans le troisième, je passerai en revue les principales opinions émises par les divers auteurs. Le quatrième sera consacré à la pathologie des éléments figurés.

CHAPITRE PREMIER

CARACTÈRES COMMUNS OU GÉNÉRAUX DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Parmi ces caractères communs ou généraux, il en est qui se rattachent à la constitution intime des éléments figurés, d'autres qui sont relatifs à leur origine, et d'autres enfin qui concernent leur mode d'évolution. Je m'occuperai d'abord de ceux qui sont propres à leur constitution ; nous étudierons ensuite ceux du deuxième, puis ceux du troisième groupe.

ARTICLE PREMIER

CONSTITUTION GÉNÉRALE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

L'étude de ces éléments a depuis longtemps démontré qu'ils sont de deux ordres : les uns portent le nom de *globules blancs*, et les autres celui de *globules rouges*. Ils diffèrent donc par leur coloration. Diffèrent-ils aussi par leur constitution? En apparence, ils semblent différer très notablement ; en réalité ils diffèrent à peine. Une longue série de faits nous démontrera que leur structure est identique. Afin de procéder d'une manière plus méthodique et plus rigoureuse à cette démonstration, je décrirai successivement la constitution des globules blancs et celle des globules rouges; nous aurons ainsi tous les termes d'une comparaison qui se répétera à mesure que nous monterons l'échelle animale, et dont la conclusion se dégagera en termes d'autant plus nets, que nous nous rapprocherons davantage de son sommet, c'est-à-dire de l'espèce humaine.

§ I. — Constitution des globules blancs

Chez les animaux sans vertèbres, ces globules sont les seuls qui existent. Chez les vertébrés, on observe à la fois des globules blancs et des globules rouges. Il me paraît utile de les considérer séparément dans les deux grands embranchements de la série zoologique.

A. *Constitution des globules blancs chez les invertébrés.*

On ne rencontre pas des éléments figurés dans le sang de tous les invertébrés. Mais chez tous ceux où la présence de ces éléments a pu être constatée, leur constitution comprend trois parties : une *enveloppe*, un *noyau* et un contenu granuleux, le *protoplasma*. Les dimensions relatives de ces trois parties constituantes peuvent varier et varient en effet très sensiblement; mais on ne voit jamais aucune d'elles faire défaut. Elles se montrent du reste sous un aspect très différent, suivant qu'on étudie les globules blancs à leur sortie des vaisseaux, et sans l'emploi d'aucun réactif, ou après les avoir soumis à l'action de ceux-ci.

A leur sortie des vaisseaux, les globules blancs, lorsqu'on les observe dans le plasma qui les tient en suspension et qui forme leur véhicule habituel, conservent d'abord leur forme, leurs dimensions et leur aspect normal. Mais après une minute d'attente, et parfois même dans le court espace de quelques secondes, on voit partir de leur périphérie des prolongements d'une teinte pâle et extrêmement irréguliers qui leur impriment les déformations les plus étranges. Ces prolongements, ou *expansions sarcodiques*, *expansions amyboïdes*, n'offrent rien de fixe; on remarque qu'ils se modifient à chaque instant. Ils ont été vus et bien décrits par la plupart des auteurs. Je les mentionnerai plus longuement lorsque je décrirai les éléments figurés du sang dans chaque ordre et chaque genre d'invertébrés. Ici, je me bornerai à faire remarquer que sur les trois parties dont ils se composent, il en est deux seulement qui prennent part à la production de ces expansions et des déformations qu'elles entraînent : l'enveloppe d'abord, qui semble quelquefois les former exclusivement; puis le protoplasma sous-jacent, qui toujours l'accompagne lorsqu'elle se soulève et se prolonge.

Soumis à l'action des réactifs avant l'apparition des expansions sarcodiques, les globules blancs, qui affectaient les formes les plus variées, tendent tous à prendre la forme sphérique; et très rapidement, en effet, ils revêtent ce mode de configuration. En général aussi, on voit leurs dimensions se réduire, et parfois très notablement. Si le réactif vient les surprendre au moment où ils sont en pleine expansion amyboïde, leurs prolongements disparaissent, en partie d'abord, puis totalement, et alors le tableau change tout à fait d'aspect; sur le champ de la préparation on n'aperçoit plus que des globules sphériques dont les trois parties se trouvent en complète évidence. Plusieurs réactifs permettent d'obtenir ce résultat; mais l'acide acétique au 50e est celui qui mérite la préférence. Plus concentré, il offre en général moins d'avantages, bien qu'on obtienne encore presque immédiatement le but désiré en l'employant au 40e, au 30e, et même au 20e. Très souvent, au contraire, il convient de diluer le réactif dans une plus forte proportion d'eau distillée. Pour obtenir certaines réactions que je mentionnerai plus loin, la dilution en effet doit être portée au 75e, au 100e, au 200e, au 300e, et quelquefois même au 400e, au 500e, au 600e et jusqu'au 700e. On pensera peut-être qu'à cette limite extrême c'est l'eau seule qui agit sur les globules blancs. Ce serait une erreur. J'ai employé comparativement l'acide acétique

au 700e et l'eau distillée; le résultat était très différent. Mais, je ne saurais trop le répéter, l'acide acétique au 50e est le réactif par excellence des globules blancs. Il pourrait suffire pour l'étude de leur structure intime, non seulement chez les animaux sans vertèbres, mais aussi chez tous les vertébrés. Cependant, à ce principal réactif il convient d'en joindre quelques autres qui sont utiles aussi; j'en donnerai la formule lorsque nous étudierons en particulier les éléments figurés du sang dans la série animale.

L'*enveloppe des globules blancs* est immédiatement appliquée au protoplasma, sur lequel elle se moule et dont elle reproduit la forme et les dimensions. Rien ne la distingue de celui-ci lorsque les globules sont vus sans le secours d'aucun réactif. Mais sous l'influence de l'acide acétique, elle apparaît presque aussitôt. Ce résultat est dû à la rétraction du protoplasma; en sorte qu'il se produit alors un espace clair qui sépare la partie contenue de la partie contenante, et qui permet ainsi de les voir très nettement l'une et l'autre. Assez souvent, et alors même qu'on ne met en usage aucun réactif, cet espace clair se manifeste sur un point; l'enveloppe est alors en partie apparente.

Cette enveloppe est transparente, amorphe, extrêmement mince, élastique et rétractile. Soumise à l'action de l'eau ou de l'acide acétique très étendu, elle se dilate au point de doubler et même de tripler de diamètre; elle finit par se rompre et disparaître si l'eau seule préside à sa dilatation; elle persiste, au contraire, si on a fait usage de l'acide acétique au 500e ou au 600e; mais elle devient alors extrêmement pâle et pourrait rester inaperçue dans le cas où on ne procéderait pas à sa recherche avec une suffisante attention. Lorsque le réactif est plus ou moins concentré, c'est un phénomène inverse qui se produit; loin de se dilater, on la voit se rétracter de la périphérie vers le centre. Elle a encore pour attribut sa grande perméabilité, qui permet aux liquides du dehors de pénétrer dans sa cavité, et au contenu des globules blancs de sortir de celle-ci, en partie et même en totalité, dans certaines conditions. Chez les invertébrés, où le contenu joue un rôle important dans les actes nutritifs, on comprend sans peine les avantages de cette perméabilité qui a pour effet de la transformer en une sorte d'endosmomètre.

Le *protoplasma* occupe la cavité circonscrite par l'enveloppe. Il la remplit en général complètement, ou n'en reste séparé que sur un point d'une étendue

variable. Quelquefois il se trouve réduit à de très minimes dimensions; la cavité alors paraît presque vide; la partie en apparence inoccupée ne contient qu'un liquide transparent.

Deux genres de granulations très différents composent le protoplasma. — Tantôt il est formé de grosses granulations vésiculeuses, en contact immédiat les unes avec les autres et comme entassées dans l'espace sphérique que délimite l'enveloppe; toutes ces granulations de volume à peu près égal, ont pour caractère commun de réfracter très fortement la lumière, d'où la couleur sombre des globules blancs dans lesquels on les rencontre. L'enveloppe, en passant sur elles, se soulève au niveau de leur partie la plus saillante, et se déprime dans les intervalles qui les séparent; de ces dépressions et saillies résulte un aspect qui rappelle celui d'une mûre ou de la framboise, et qui a porté beaucoup d'auteurs à désigner les globules blancs ainsi configurés sous les noms de *globules framboisés*, de *globules mûriformes*. — Tantôt, et même le plus souvent, les granulations ne prennent pas la forme vésiculeuse, mais celle de simples grains inégaux et irréguliers dont l'ensemble représente une sorte de poussière : c'est le protoplasma pulvérulent, le protoplasma grenu, ou le *protoplasma granuleux* proprement dit.

Les deux genres de granulations se rencontrent chez tous les invertébrés. Au milieu des globules à protoplasma vésiculeux, on voit des globules à protoplasma granuleux. Chez quelques animaux, cependant, comme les Crustacés, et plus particulièrement l'écrevisse, presque tous contiennent un protoplasma vésiculeux à leur sortie des vaisseaux. Si on les traite par l'acide acétique au 50e ou plus dilué, les vésicules sont en partie dissoutes, et au protoplasma vésiculeux on voit se substituer le protoplasma granuleux qui est beaucoup plus clair ou tout à fait transparent. Avant toute réaction, l'un et l'autre genre de protoplasma peut être rare ou abondant.

Le volume du protoplasma n'est pas proportionnel aux dimensions des globules. Il paraît être en raison inverse de leur âge. Les jeunes globules blancs sont ordinairement remplis de grosses granulations vésiculeuses; les vieux globules ne contiennent qu'un protoplasma granuleux très clair-semé. Sous l'influence de la nutrition, les premières ou grosses granulations semblent donc peu à peu s'atrophier, et elles s'atrophient en effet de plus en plus, jusqu'au moment où elles disparaîtront, en entraînant dans leur ruine les deux autres éléments du globule. Chez les vertébrés, un phénomène

analogue se produit; mais nous verrons qu'il n'est qu'apparent; il représente une phase de leur développement, un état transitoire qui précède chez eux la transformation des globules blancs en globules rouges.

Le *noyau* des globules blancs est nié aujourd'hui encore par quelques auteurs, au nombre desquels se place au premier rang mon savant collègue M. Ch. Robin. Il ne serait, pour les auteurs qui partagent cette opinion, que le résultat d'une sorte de condensation du protoplasma se produisant artificiellement sous l'influence des réactifs destinés à le mettre en évidence. Les faits que nous allons passer en revue attestent cependant qu'il existe; et nous verrons que, non seulement son existence est réelle et constante, mais qu'il apparaît avant les deux autres parties des globules blancs, qu'il tient celles-ci sous sa dépendance, et qu'il joue un rôle considérable dans l'histoire des éléments figurés du sang. Établissons d'abord qu'il existe.

Lorsqu'on examine les globules blancs des invertébrés à leur sortie des vaisseaux, et sans l'emploi d'aucun réactif, on voit quelquefois leur noyau, et on peut reconnaître qu'il est limité par un bord sombre, circulaire, très nettement accusé, semblable dans tous les globules sur lesquels il apparaît, semblable aussi à celui qui se montre après l'emploi des réactifs, et bien différent de ces contours vagues et si variables qui sont le produit de l'art. On m'objectera peut-être que les globules blancs s'altèrent dès qu'ils sont sortis des vaisseaux, et que si les noyaux alors observés ne sont pas le produit de l'art, ils sont le produit d'une sorte de décomposition cadavérique. Soit; laissons cet argument et voyons ce qui se passe pendant l'action de l'acide acétique.

Ce réactif agit sur le protoplasma. Mais il n'est pas rare, surtout au début de son action, qu'il le modifie à peine; quelquefois il détermine sa rétraction de la périphérie vers le centre; le plus souvent il en opère la dissolution partielle ou totale. — Dans le premier cas, c'est-à-dire lorsque le protoplasma reste composé de grosses granulations vésiculeuses qui remplissent la cavité du globule, si on voit le noyau, on ne saurait le considérer comme le résultat d'une rétraction de la masse protoplasmique, puisque cette rétraction n'a pas lieu. — Dans le second, la rétraction du protoplasma étant évidente, on pourrait d'abord prendre le contenu rétracté pour un noyau en voie de formation. Mais l'illusion ne tarde pas à se dissiper; car au sein de ce con-

tenu on distingue bientôt le véritable noyau que le protoplasma enveloppe; et ce noyau est circonscrit par un contour très net, en sorte que la confusion n'est plus possible. — Enfin, lorsque l'acide acétique détermine la dissolution du protoplasma, il est bien difficile de comprendre comment ce contenu, en disparaissant, pourrait se transformer en un corps de couleur sombre si régulièrement circonscrit, offrant toujours la même forme, les mêmes dimensions, le même aspect et la même constitution; car le noyau est composé aussi de granulations. Le réactif aurait donc la singulière propriété de détruire certaines granulations, de respecter les autres, et de tracer entre les premières et les secondes une ligne de démarcation fortement arrêtée? Non, tel n'est pas son mode d'action; il est beaucoup plus simple; l'acide acétique transforme le protoplasma vésiculeux, qui était opaque et qui voilait le noyau, en protoplasma granuleux qui est transparent et qui permet de le distinguer. Ajoutons que cette transformation, ainsi que nous le verrons plus loin, s'opère naturellement et incessamment. Il y a une foule de globules blancs dont le protoplasma, avant toute réaction, est de couleur claire; le noyau alors peut être vu sans le secours de l'acide acétique; mais ce réactif a encore pour avantage de le mettre en plus complète évidence.

Le noyau des globules blancs ne peut donc pas être regardé comme un produit artificiel. Les produits de ce genre sont variables et inconstants; ils n'offrent rien de fixe; ils diffèrent selon le réactif employé, selon la température, selon les individus, selon l'âge, etc. Le noyau a toujours son même contour de couleur sombre; il offre toujours à peu près les mêmes dimensions; il est toujours composé de granulations; on le rencontre sans exception dans tous les globules, chez tous les animaux, à tous les âges. De tels attributs ne sont pas le produit de l'art : la nature seule, dans ses œuvres, nous apparaît avec des caractères aussi immuables.

Les faits et considérations qui précèdent me paraissent démontrer très péremptoirement l'existence du noyau. Si, cependant, on la jugeait encore contestable, j'invoquerais un dernier argument qui, à lui seul, lève toutes les objections : *Le noyau n'est pas situé dans la cavité des globules, mais dans un dédoublement ou dans l'épaisseur de leur enveloppe; il n'a rien de commun, par conséquent, avec le protoplasma.*

Cette proposition, je ne puis me le dissimuler, me met en opposition flagrante avec tous les auteurs qui m'ont précédé. Elle sera vivement combattue;

car si elle a pour elle la réalité, elle a contre elle toutes les apparences. Je ne saurais m'étonner des doutes qu'elle soulèvera, puisque moi-même, en présence d'observations concluantes et multipliées, je doutais encore. Mais les faits sont là pour la défendre; il me suffira de les exposer.

Un jour, pendant que j'étudiais le sang de l'huître, j'aperçus un globule qui tournait lentement autour de l'un de ses axes, et je remarquai que le noyau passait tour à tour de gauche à droite et de droite à gauche, puis tour à tour aussi de haut en bas et de bas en haut; en un mot, il restait toujours fixé à la périphérie. Ce premier fait attira vivement mon attention. Pour en prendre une notion plus positive et plus complète, je m'attachais à observer d'autres globules tournant aussi autour de leur axe, et dans ce but j'imprimais de légers déplacements à la mince lamelle qui les recouvre. Ils entraient en rotation pour la plupart. Mais leur rotation était rapide, et je ne pouvais suivre aucun noyau dans son mouvement circulaire. Parfois je parvenais à saisir un globule au terme de sa course, qui tournait lentement; mais bientôt il sortait du champ du microscope et m'échappait. Le phénomène que j'avais vu une première fois et que je voulais revoir, était donc d'une constatation assez difficile.

Cependant je poursuivis mes études sur les globules blancs de l'huître, leur imprimant des mouvements que je cherchais à modérer le plus possible, et fixant toute mon attention sur leur noyau lorsqu'il tournait assez lentement pour le suivre dans son déplacement. Leur nombre étant toujours considérable, leurs dimensions assez grandes, et les observations pouvant être répétées indéfiniment dans ces bonnes conditions, je ne tardais pas à reproduire sous mes yeux le phénomène dont je voulais constater la certitude en l'analysant dans ses moindres détails. Le fait bien établi, je m'attachais à reconnaître toutes les conditions dans lesquelles il faut se placer pour le reproduire à volonté. En procédant ainsi à son étude, je réussis à l'observer chez les autres invertébrés, puis chez les poissons, les batraciens, les reptiles, en un mot dans toute la série zoologique. Cependant tous les animaux ne sont pas également favorables pour cette étude. Elle deviendra d'autant plus facile que les globules blancs seront plus nombreux et plus volumineux. Parmi les animaux sans vertèbres, c'est à l'huître qu'on donnera la préférence. Parmi les vertébrés, on choisira les poissons cartilagineux et les batraciens. Chez les premiers, l'ana-

tomiste trouve dans leurs ganglions œsophagiens (1) des globules blancs, volumineux, en nombre illimité et munis d'un gros noyau. Chez les seconds, les globules blancs sont volumineux aussi. Après avoir bien vu la situation périphérique du noyau chez l'huître, la raie et le triton, on l'observera ensuite assez facilement dans toutes espèces animales et chez l'homme, et même chez le fœtus et l'embryon.

Le noyau, dans son mouvement circulaire, tourne autour de deux principaux axes, dont l'un est perpendiculaire au plan de sustentation, et l'autre, parallèle à ce plan. Si le noyau tourne autour de l'axe perpendiculaire en se portant de gauche à droite, et si, au début de sa rotation, il est situé à gauche, on le voit se porter en avant, puis à droite, puis en arrière, et parcourir le même cercle, une, deux ou trois fois en restant toujours périphérique. S'il tourne autour de l'axe horizontal en cheminant aussi de gauche à droite, il suit d'abord une direction ascendante pour venir occuper le centre de l'hémisphère supérieur de l'enveloppe, et semble alors occuper le centre du globule; puis il descend pour se porter à droite, continue à descendre pour se porter en bas, répond alors au centre de l'hémisphère inférieur de l'enveloppe et semble de nouveau situé au centre du protoplasma, mais conserve cependant sa situation périphérique. Il peut ainsi décrire deux ou trois tours pendant qu'on l'observe. En tournant autour de cet axe horizontal, il est donc tour à tour ascendant et descendant. Pour le suivre dans son mouvement ascendant, il faut imprimer à l'objectif un léger mouvement d'élévation et un mouvement contraire lorsqu'il descend (2). Dans ces conditions, on le voit très nettement monter et descendre. Au moment où il arrive à son point culminant, il se montre dans sa plus grande évidence; car rien alors ne tend à le dérober à la vue. Lorsqu'il répond à la partie inférieure du globule, on le distingue encore très bien, mais avec un peu moins de netteté cependant, parce qu'on le voit alors à travers toute l'épaisseur du protoplasma.

Je considère donc la situation périphérique du noyau comme un fait bien et définitivement acquis à la science. Il nous reste à déterminer ses rapports avec l'enveloppe, son mode de conformation et sa structure.

(1) Voy. mes *Études sur l'appareil mucipare et le système lymphatique des poissons*, p. 40 et 41, pl. VII, fig. 4, 5, 6, 7, 8.

(1) Voy. les planches I, fig. 11, et II, fig. 10.

Quant à ses rapports avec l'enveloppe, on pourrait penser qu'il est simplement appliqué à sa face profonde, et situé par conséquent entre elle et le protoplasma. Mais il semblerait alors se continuer avec celui-ci, et l'observation nous montre qu'il en est très distinct et tout à fait indépendant. Il n'aurait pas de situation bien fixe; et elle nous démontre aussi qu'il est solidement immobilisé dans sa position. Il lui serait difficile de sortir du globule, et nous verrons qu'il en sort facilement, soit en masse, soit à l'état de segment ou de globulins.

Ces objections me conduisent à admettre qu'il est situé dans l'épaisseur même de l'enveloppe. Celle-ci se compose, en réalité, de deux parties bien différentes : d'une partie mince, amorphe et transparente, beaucoup plus étendue, c'est l'enveloppe proprement dite ; et d'une partie plus épaisse de couleur sombre, de structure granuleuse, c'est le noyau. La première ou partie membraneuse est destinée à contenir le protoplasma; la seconde ou partie granuleuse est le point de départ de noyaux secondaires ou *globulins* qui, en se développant, formeront d'autres globules, d'ou le nom de *globulogène* sous lequel je la désignerai. L'enveloppe joue le rôle d'organe protecteur. Le globulogène préside à la formation et à la multiplication des éléments figurés du sang. Ce simple énoncé atteste son extrême importance et justifie les longs développements que j'ai cru devoir consacrer à son étude.

Considéré dans sa conformation, le globulogène est aplati, mince et circulaire. Son diamètre représente le tiers, la moitié ou les trois quarts de celui du globule. Sa face externe ou superficielle est unie et convexe ; elle ne dépasse pas le niveau de l'enveloppe. Sa face interne est unie aussi, mais légèrement concave. En les examinant à un grossissement de 400 diamètres pendant le déplacement du noyau, on constate très bien la différence de configuration de ces deux faces. Le contour est, en général, circulaire, quelquefois irrégulièrement polygonal. Rien ne le distingue de l'enveloppe avec laquelle il paraît se continuer. Cette enveloppe s'arrête-t-elle, en effet, sur les limites du globulogène? ou bien se prolonge-t-elle sur ses deux faces pour l'embrasser dans son dédoublement? Cette dernière opinion est la plus probable; car nous verrons plus loin que le globulogène, sous l'influence de certains poisons, tels que l'eau chloroformée, le curare et l'acide cyanhydrique, se détache en masse du globule, sans que l'enveloppe présente aucune solution de continuité; une mince lamelle recouvre donc sa face externe, et il la

traverse par voie de diapédèse (1). Une lamelle semblable et plus mince encore revêt sa face interne. Toutes deux lui adhèrent d'une manière si intime, qu'elles semblent en faire partie.

La structure du globulogène rappelle celle du protoplasma. Comme celui-ci, il est composé de granulations assez volumineuses, qu'un léger intervalle sépare les unes des autres. L'acide acétique, loin de les dissoudre et de les pâlir, comme il dissout et pâlit celles du protoplasma, leur donne, au contraire, une couleur plus sombre, en sorte que le noyau se voit avec une grande netteté, même à travers le contenu des globules. Cette action inverse du réactif sur les deux ordres de granulations nous enseigne qu'elles ne sont pas de même nature, et vient confirmer en quelque sorte la différence si grande que nous avons constatée dans leurs attributions.

Des faits et considérations qui précèdent nous pouvons conclure que les globules blancs, chez les invertébrés, sont formés de trois parties ou de trois éléments : l'enveloppe, le protoplasma et le noyau ou globulogène. Voyons si ces trois éléments se retrouvent chez les vertébrés, et s'ils affectent la même disposition relative.

B. — *Constitution des globules blancs chez les vertébrés.*

Chez les vertébrés, les globules blancs se divisent en deux ordres : ceux qui sont contenus dans le système lymphatique et ceux qui occupent le système vasculaire sanguin. Mais, qu'ils flottent dans le plasma de la lymphe ou dans le plasma du sang, les uns et les autres présentent la même constitution. Envisagés sous ce point de vue, nous pouvons donc les rapprocher pour en faire un seul et même groupe. Ils sont composés aussi de trois éléments; et ceux-ci affectent la même disposition que chez les invertébrés. J'ai pu reconnaître cette identité de structure chez les poissons, chez les batraciens, chez les reptiles et chez tous les oiseaux sur lesquels ont porté mes recherches. Je l'ai constatée aussi chez tous les mammifères qu'il m'a été donné d'observer, et chez l'homme, chez le fœtus comme chez l'adulte.

Les globules blancs, dans tout ce grand embranchement des vertébrés, diffèrent, notablement comme chez les animaux sans vertèbres, de nombre,

(1) Pl. IV, fig. 14, et pl. V, fig. 10.

de dimensions et d'aspect, selon la classe, le genre ou l'espèce chez lesquels on les observe. Mais leur enveloppe se montre constamment avec les mêmes attributs. Leur protoplasma aussi offre tantôt une couleur sombre et tantôt une couleur claire: dans le premier cas, il est formé de grosses granulations vésiculeuses qui remplissent en partie ou en totalité la cavité de l'enveloppe; dans le second, il se compose de granulations fines. L'acide acétique se comporte à l'égard de ces globules comme chez les invertébrés.

Le noyau ou globulogène, selon l'opinion unanime des auteurs, occupe le centre des globules ou s'en trouve plus ou moins rapproché. Je me vois contraint de répéter que cette opinion est fondée sur une simple apparence. En l'observant dans les conditions que j'ai fait connaître, on peut toujours constater avec certitude qu'il répond à la périphérie des globules. Ainsi, non seulement les globules blancs des vertébrés sont composés des trois mêmes éléments qu'on rencontre chez les animaux sans vertèbres; mais ces trois éléments, chez eux, nous offrent aussi la même situation relative, les mêmes proportions, la même structure, les mêmes propriétés. Concluons donc que leur constitution est réellement identique dans toute la série animale.

§ 2. — Constitution générale des globules rouges.

Chez les invertébrés, les globules rouges font défaut, mais on les observe chez tous les vertébrés. Leur structure, d'après l'opinion universellement adoptée, diffère selon que l'on considère les animaux ovipares désignés par M. Milne Edwards sous le terme générique d'anallantoïdiens, ou les vivipares, appelés par opposition aux précédents allantoïdiens. Chez les premiers, qui comprennent les poissons, les batraciens, les reptiles et les oiseaux, ils seraient formés, comme les globules blancs, de trois parties : l'enveloppe, le protoplasma et le noyau. Chez les seconds, c'est-à-dire chez les mammifères et chez l'homme, ils seraient homogènes.

Envisagés dans leur constitution, les globules rouges diffèrent-ils, en effet, selon que l'on considère les vertébrés supérieurs ou les vertébrés inférieurs? Mes recherches m'obligent à déclarer qu'elle ne l'est pas, et dussé-je, sur ce point encore, soulever contre moi tout un flot de contradictions, j'ose dire que les globules rouges des mammifères ne sont pas homogènes. Ceux des ovipares se

composent de trois éléments; ceux des vivipares se composent de trois éléments aussi. Ces trois éléments, chez les ovipares, rappellent ceux que nous avons rencontrés dans les globules blancs; nous verrons que ces mêmes éléments, chez les vivipares, les rappellent également. La constitution des uns est donc semblable à celle des autres. La nature, en les créant, n'a pas modifié ses procédés; elle les a, au contraire, très fidèlement conservés et appliqués en remontant tous les échelons de la série animale. Seulement, chez les vertébrés inférieurs, elle les a laissés entrevoir; chez les vertébrés supérieurs, elle les a mieux cachés à nos regards; mais à l'aide d'une analyse plus pénétrante, on les retrouve et l'on parvient à les mettre ainsi en pleine évidence.

Dans cette étude, nous procéderons du connu à l'inconnu. Je décrirai d'abord les trois éléments des globules rouges chez les ovipares, où ils sont plus apparents; nous les étudierons ensuite chez les vivipares dans lesquels ils se montrent avec la même netteté sous l'action des réactifs qui leur sont applicables, et qui seront mentionnés plus loin.

A. — *Constitution des globules rouges chez les anallantoïdiens ou ovipares.*

Dans les quatre classes qui composent l'embranchement des anallantoïdiens ou ovipares, les globules rouges présentent le même mode de conformation et la même constitution; ce premier groupe, que je désignerai aussi quelquefois sous le nom de *vertébrés inférieurs*, est donc très naturel. Dans cet embranchement, les globules rouges sont volumineux, aplatis et de figure elliptique. Mais cette forme n'a rien de fixe ; elle est, au contraire, extrêmement variable : elle varie pendant la vie; elle varie après la mort; elle varie sous l'influence des réactifs. Lorsqu'on observe les globules vivants, c'est-à-dire pendant qu'ils circulent, on voit qu'ils s'allongent et s'effilent d'autant plus que leur mouvement est plus rapide; ils sont alors fusiformes pour la plupart. Si la circulation se ralentit, ils se placent en travers des vaisseaux, se disposent en pile et prennent un contour presque circulaire. S'ils rencontrent un éperon, ils se mettent à cheval sur la saillie qui les arrête et affectent, dans cette attitude, la configuration d'une besace. S'ils adhèrent aux parois des capillaires par une de leurs extrémités, ils deviennent piriformes. — Au moment où ils sortent des vaisseaux, leur grand axe se raccourcit, et leurs deux extrémités se montrent plus arrondies.—Soumis à l'action des réactifs, ils se raccourcissent plus encore, en

sorte qu'ils passent assez fréquemment de la forme elliptique à la forme circulaire, mais restent aplatis. Quelquefois, cependant, ils se renflent au point de prendre la forme sphérique des globules blancs. En résumant toutes ces variétés, on peut dire qu'ils offrent une forme d'autant plus allongée qu'ils sont plus vivants, et un contour d'autant plus circulaire que leur mort est plus complète.

Les trois éléments qui les composent sont représentés, comme dans les globules blancs, par une enveloppe, un protoplasma et un noyau.

L'enveloppe ne diffère de celle des globules blancs que par la forme elliptique de la cavité qu'elle circonscrit. Elle est amorphe, très mince et transparente aussi. Les réactifs qui ont pour effet de produire la rétraction du protoplasma l'isolent en partie ou totalement et la mettent ainsi très bien en évidence. Appliquée de toutes parts sur ce protoplasma, elle le protège en lui conservant sa forme. Mais sa propriété la plus remarquable est sa grande perméabilité, qui facilite les échanges entre les divers tissus de l'organisme et le contenu des globules.

Le *protoplasma* est le siège essentiel de l'hématose, et aussi le siège principal des phénomènes nutritifs, puisqu'il représente le point de départ de la plupart des molécules assimilables destinées à réparer les pertes de l'organisme. Vu au microscope, il offre une teinte jaunâtre ou jaune paille dont l'intensité varie selon les espèces animales. Sa consistance peut être comparée à celle d'une pulpe. Lorsqu'on l'observe attentivement, sans le soumettre à l'action d'aucun réactif, il paraît homogène. Si on le soumet à l'action des réactifs généralement connus, il reste encore homogène. Aussi, tous les auteurs sont-ils d'accord pour considérer cette homogénéité comme un fait incontestable. J'ai dit plus haut que je la contestais cependant; le moment est donc venu de démontrer qu'elle doit être rangée au nombre des illusions ou plutôt au nombre des erreurs de la science.

Lorsqu'on mêle à une goutte de sang d'ovipare une goutte d'un réactif composé de bichromate de potasse, de sulfate de soude, d'acide acétique et d'une proportion déterminée d'eau distillée, on voit instantanément apparaître les granulations du protoplasma (1). Ces granulations sont nombreuses, serrées,

(1) La composition de ce réactif varie un peu selon les espèces animales. Pour la formule applicable à chaque espèce, voyez la description particulière des globules rouges des poissons, des batraciens, des reptiles et des oiseaux.

et entassées les unes sur les autres comme des grains de millet dans un sac. Ellesremplissent toutela cavité des globules. Chacune d'elles présente une couleur jaune due à l'hémoglobine dont elle est pénétrée. Mais si l'on traite les mêmes globules par un autre réactif composé seulement de sulfate de soude et d'acide acétique, l'hémoglobine est précipitée ; elle s'échappe de toutes parts à travers les parois de l'enveloppe, sous forme d'une fine poussière de couleur bistre, et les granulations réduites à leur substance propre, de nature albumineuse, ne diffèrent pas alors de celles qui forment le protoplasma des globules blancs.

En étudiant la constitution des globules rouges des ovipares en particulier, j'aurai soin de décrire les procédés qui la mettent en complète évidence dans chaque ordre, chaque tribu, et même chaque genre. Ici, il me suffira d'avoir résumé tous ces faits isolés dans une formule générale. J'ajoute que ce fait général ne rencontre aucune exception. En appliquant fidèlement les procédés qui seront indiqués plus loin, on verra toujours le protoplasma de ces globules perdre aussitôt son apparente homogénéité pour prendre l'aspect d'une petite masse granuleuse. La constance de ce résultat, la facilité, la rapidité avec lesquelles on l'obtient, ne sauraient être attribuées aux réactifs; car les produits fabriqués de toutes pièces, ainsi que je l'ai fait remarquer déjà, n'offrent pas ce caractère de fixité et cette similitude parfaite lorsqu'on opère chez des animaux d'organisations si diverses. Le réactif, ici, n'a fait que remettre en lumière les granulations des globules blancs qui semblaient avoir disparu sous l'influence de l'hématose, mais qui existaient encore à l'état latent. L'hémoglobine, en les pénétrant, les avait dissimulées; le réactif, en se substituant à l'hémoglobine, les ramène à leur état primitif.

Le *noyau* des globules rouges chez les vertébrés inférieurs est manifeste ; il a été vu par tous les observateurs, et son existence, depuis longtemps déjà, n'est plus en discussion. Mais quelle est sa situation exacte? L'opinion générale le place au centre des globules. Pour moi, il répond à leur périphérie. La controverse que j'ai soulevée à propos du noyau des globules blancs se reproduit donc ici, et avec les mêmes arguments de part et d'autre. Les auteurs, en lui assignant pour siège le centre des globules, se fondent sur les apparences; et certes les apparences, en effet, plaident éloquemment en faveur de cette opinion. Que de longues études m'ont été nécessaires pour me soustraire au mirage d'une illusion qui a trompé tant de regards pénétrants ! et combien de

fois, après l'avoir reconnue, ne suis-je pas retombé sous son empire ! Si j'avais limité le champ de mes investigations aux globules rouges, nul doute que j'aurais subi aussi la fascination dont tous les observateurs ont été victimes ; mais heureusement j'avais pour guide un fait qui leur manquait. Préparé, par mes recherches sur les globules blancs, à bien observer les globules rouges, j'ai pu les mieux observer, en effet, que mes prédécesseurs, et je suis ainsi parvenu à voir leur noyau, non à la place qu'il semble occuper, mais à celle qu'il occupe réellement.

C'est sur la lamproie que je constatais pour la première fois la situation périphérique du noyau. Chez ce poisson les globules rouges sont sphériques, en sorte qu'ils tournent très facilement autour de leurs divers axes. Leur noyau est petit, sphérique aussi, et très apparent ; ils se prêtent donc à la constatation du fait que je viens de signaler. Je croyais encore à cette époque, avec tous les anatomistes, que le noyau occupait le centre des globules, et je ne songeais même pas à vérifier ce fait, tant j'étais convaincu de son exactitude, lorsque mes regards tombèrent sur un globule qui flottait dans le liquide de la préparation ; je remarquais que son noyau, loin de tourner sur lui-même, comme il l'eût fait s'il avait occupé le centre du globule, tournait autour de ce centre dont le séparait toute la longueur d'un rayon. Laissant ce premier globule qui ne pouvait plus rien m'apprendre, j'en cherchai un second, puis un troisième tournant lentement aussi ; et je vis avec la même netteté leur noyau décrire un mouvement semblable de circumduction et rester toujours périphérique. Pour la lamproie, cette situation périphérique était donc certaine. Mais chez ce poisson, les globules rouges nous offrent un mode de conformation exceptionnel ; la situation de leur noyau pouvait être exceptionnelle aussi.

Il importait d'ailleurs, pour reconnaître la généralité du fait en question, d'examiner au même point de vue les globules rouges des autres poissons, puis ceux des batraciens, des reptiles et des oiseaux. En conséquence, je poursuivis cette étude sur toute la série des ovipares et j'eus la satisfaction de retrouver chez tous la même disposition. Chez tous j'ai pu voir bien souvent le noyau tourner circulairement autour du point central des globules. Le procédé à suivre dans cette étude est celui que j'ai déjà signalé à propos de la situation, périphérique aussi du noyau des globules blancs.

Si nous comparons maintenant ces globules blancs aux globules rouges

des vertébrés inférieurs, nous reconnaîtrons qu'ils sont constitués les uns et les autres sur le même type; car ils se composent des trois mêmes éléments, et ces trois éléments affectent une disposition relative semblable. L'enveloppe des globules rouges répète celle des globules blancs; le protoplasma des premiers est granuleux comme celui du second, et leur noyau dans les deux ordres de globules est périphériquement situé. Pour compléter le tableau de cette remarquable analogie de constitution, il me suffira d'ajouter que ce noyau dans les globules rouges offre exactement la conformation et la structure que nous avons rencontrées dans celui des globules blancs. Il est aplati et limité aussi par un contour très accusé, elliptique ou circulaire, il est également composé de granulations très manifestes.

Après avoir pris une connaissance générale de la constitution des globules rouges dans les vertébrés inférieurs, abordons un problème plus difficile, et voyons comment ces mêmes globules sont constitués ches les vertébrés qui occupent une place plus élevée sur l'échelle zoologique.

B. — *Constitution des globules rouges chez les allantoïdiens ou vivipares.*

Chez les allantoïdiens ou vertébrés supérieurs, c'est-à-dire chez les mammifères et chez l'homme, les globules rouges sont beaucoup plus petits, aplatis aussi, mais circulaires et biconcaves. Leur couleur est d'un rouge plus vif. Cependant lorsqu'on les voit au microscope, elle prend une teinte jaune qui diffère très peu de celle que nous ont présentée les globules rouges des ovipares. Leur aspect est homogène en apparence; on n'y découvre aucune trace d'enveloppe, et aucune trace de noyau, même en faisant appel aux réactifs connus. Ils sembleraient donc différer essentiellement de ceux des vertébrés inférieurs; aussi tous les histologistes sont-ils d'accord pour en faire une classe à part. J'ai dit précédemment et je n'hésite pas à affirmer de nouveau que leur prétendue homogénéité n'est qu'apparente. L'analyse nous montre qu'ils sont formés aussi de trois éléments dont l'existence est constante, et dont la disposition est à peu près identique à celle que nous avons rencontrée chez les poissons, les reptiles et les oiseaux. Les réactifs qui isolent ces trois éléments, et qui permettent de les observer dans leurs moindres détails, sont ceux qui nous ont déjà servi pour l'étude de ces mêmes éléments chez les animaux précédents. Le lecteur en trouvera la formule complète et

très détaillée dans la description propre à chacun des principaux ordres de mammifères (1). Pour le moment, je me bornerai à exposer, en termes généraux, les résultats qu'ils donnent. Or, ces résultats nous prouvent que les globules rouges, chez les vertébrés supérieurs, sont constitués comme chez les vertébrés inférieurs. Ils comprennent également, dans leur composition, une enveloppe, un protoplasma et un noyau.

L'enveloppe dont l'existence a été pressentie plutôt que démontrée par quelques auteurs, et théoriquement admise par d'autres, ne diffère ni de celle des globules rouges des ovipares, ni de celle des globules blancs. Une extrême minceur, une parfaite transparence, sa nature amorphe et sa grande perméabilité sont aussi les attributs qui la distinguent. C'est en la pénétrant que les réactifs vont agir sur le noyau et le protoplasma pour soulever le voile qui les dérobait à nos regards. C'est en la traversant que l'oxygène vient s'unir aux granulations dont ils sont formés l'un et l'autre, pour reconstituer leur hémoglobine, modifiée et contre-minée sans cesse par la nutrition. Sa surface externe, parfaitement lisse, possède la propriété de s'unir par voix de contiguïté à celle des globules voisins, d'où la remarquable tendance de ces globules à se disposer en piles comme des pièces de monnaie, piles souvent très longues, qui semblent se briser sous l'effort du mouvement qu'on leur imprime, et qui se dispersent alors dans le liquide de la préparation en fragments d'inégale étendue. Sa surface interne adhère au protoplasma ; elle s'en sépare lorsque celui-ci se retracte, ce qui permet de voir qu'elle est lisse et unie comme la précédente. Les deux faces de chaque globule étant concaves, la cavité circonscrite par l'enveloppe se trouve rétrécie au centre du disque, et un peu plus large sur sa circonférence.

Le protoplasma, qui prend une part si importante à la formation des globules rouges chez les ovipares, n'en prend qu'une très minime à la composition de ces mêmes globules chez les vertébrés supérieurs. Chez ceux-ci, la cavité des globules est presque entièrement remplie par le noyau qui présente un volume considérable. Les proportions relatives du protoplasma et du noyau sont inverses, selon qu'on les considère chez les ovipares ou chez les mammifères : *protoplasma très développé, noyau très petit*, tel est le trait caractéristique de la constitution des globules rouges chez les vertébrés inférieurs ; *protoplasma*

(1) Voy. les planches X, fig. 5, 14 et 18; XI, fig. 5, 12, 17 et 21; XII, fig. 4, 11 et 16; XIII, fig. 5.

très réduit, noyau énorme, tel est le caractère distinctif de leur constitution chez les vertébrés supérieurs. C'est cette différence si prononcée qui a fait méconnaître jusqu'ici l'analogie de constitution des globules rouges dans les deux classes, et qui a retardé si longtemps sur ce point les progrès de la science. Plus le protoplasma se développe, et plus aussi les trois parties constituantes du globule sont faciles à reconnaître; c'est pourquoi l'observation a d'abord révélé leur existence chez les ovipares. Plus le protoplasma s'atrophie, et plus, au contraire, ces trois parties semblent se confondre; c'est leur apparente fusion qui a fait croire à l'homogénéité des globules rouges chez les mammifères.

Chez tous les animaux de cette classe, le protoplasma, comme comprimé entre le noyau qui fait saillie dans la cavité du globule et l'enveloppe qui le recouvre, se transforme en une simple couche sphérique, si pâle et si mince, qu'on éprouve d'abord quelque difficulté à le distinguer lorsqu'on ne l'a pas encore observé. Mais, après l'avoir bien vu, on le retrouve sans peine dans les autres globules. Cette mince couche se présente sous la forme d'une sphère creuse, qui reste ouverte au niveau du point par lequel le noyau se continue avec l'enveloppe. Elle offre par conséquent deux faces. Sa face externe ou convexe répond à l'enveloppe et ne lui adhère que faiblement; car lorsque le protoplasma se rétracte, elle s'en détache sur toute son étendue. Sa face interne ou concave s'applique au noyau qu'elle entoure complètement; elle lui adhère plus solidement qu'à l'enveloppe, et l'accompagne toujours dans son retrait. Elle s'en distingue, du reste, très bien par sa coloration plus pâle. Son ouverture entoure le pédicule qui unit le noyau à l'enveloppe.

La structure de ce protoplasma est granuleuse ; mais les granulations qui le composent diffèrent très sensiblement de celles du noyau; elles sont plus fines, d'un volume plus égal, et semblent jouer cependant, dans l'hématose, le même rôle que ces dernières.

Le *noyau*, avant toute réaction, est aplati et biconcave comme la cavité qu'il remplit. Mais après l'emploi des réactifs destinés à le mettre en évidence, les globules rouges n'offrent plus leur forme normale; ils deviennent alors sphériques; le noyau revêt le même mode de configuration et se rétracte. Si la réaction a été très modérée, le noyau se rétracte peu et conserve tout son volume. Si elle est plus énergique ou plus prolongée, il se rétracte davantage, devient plus petit par conséquent, et l'intervalle qui le sépare de l'enve-

loppe augmente en raison directe de son retrait (1). Il peut ainsi diminuer de volume de plus en plus, au point de disparaître en totalité.

Le mécanisme suivant lequel s'opère l'amoindrissement progressif du noyau est fort simple; les granulations dont il est composé s'échappent une à une par le centre de son pédicule, en sorte que, pendant toute la durée de son rapetissement, on voit sur ce point une sorte de fusée pulvérulente, qui part du globule en se contournant en spirale. C'est cette effusion de sa substance propre qui vient nous révéler son existence en lui permettant de s'isoler de l'enveloppe. Lorsqu'elle se prolonge, on comprend sans peine qu'elle aura pour terme sa disparition complète, et même celle du protoplasma qui l'accompagne dans son retrait. Comment s'opère cet égrénement de la substance propre du noyau? Ses granulations trouvent-elles sur le point d'insertion de son pédicule un orifice imperceptible qui lui livre passage? ou bien passent-elles au travers de la mince pellicule résultant du dédoublement de l'enveloppe? Cette dernière opinion me semble la plus admissible; car après la disparition totale du contenu des globules, l'enveloppe reste intacte. Quelle que soit l'opinion qu'on adopte, deux faits sont incontestables : d'une part, le noyau et le protoplasma sortent molécule par molécule de la cavité des globules; et de l'autre, cette cavité, après leur disparition totale, n'offre aucune solution de continuité.

Le noyau adhère étroitement, par sa périphérie, au protoplasma et se continue par une très minime partie de celle-ci avec l'enveloppe. Au niveau de cette continuité, on remarque donc une sorte d'étranglement circulaire ou de court pédicule qu'embrasse la partie correspondante du protoplasma. Il se compose de granulations arrondies, d'égal volume, d'autant plus apparentes qu'il remplit plus complètement la cavité des globules, et de moins en moins manifeste à mesure qu'il se retracte et s'amoindrit.

C. — *Parallèle des globules rouges des allantoïdiens et anallantoïdiens.*

Les principaux traits de ce parallèle se trouvent déjà implicitement énoncés dans la description que j'ai faite des globules elliptiques et des globules circulaires ou discoïdes. Mais on a tracé entre ces deux sortes de globules une ligne de démarcation si tranchée, et ils offrent, au contraire, une si

(1) Voy. les figures 5 et 14 de la planche X, et les figures 5, 12 et 17 de la planche XI.

étroite parenté qu'il importe de les mettre en présence pour résumer sous une forme plus saisissante les caractères qui les distinguent et ceux qui les rapprochent.

Les caractères qui les distinguent portent uniquement sur leur nombre, sur leur volume, sur leur forme, en un mot sur leur conformation extérieure. Chez les ovipares, ils sont moins nombreux, plus gros, aplatis et de figure elliptique; chez les mammifères, ils sont incomparablement plus multipliés, beaucoup plus petits, aplatis aussi, biconcaves et circulaires. Ces différences suffisent-elles pour nous autoriser à les diviser en deux ordres? Non, car nous avons vu que pendant la vie, et dans la cavité même des capillaires, leur forme se modifie selon que la circulation est plus rapide ou plus lente; ils s'allongent dans le premier cas, se raccourcissent dans le second. Après la mort, les globules elliptiques, sous l'influence d'une foule de réactifs, passent presque immédiatement de la forme allongée à la forme arrondie. Ce caractère distinctif bien que réel n'offre donc qu'une faible importance. Quant au nombre et au volume, ils sont plus impuissants encore à justifier la ligne de démarcation établie entre les deux ordres de globules.

Les caractères qui rapprochent les deux ordres de globules portent sur leur constitution intime et méritent une tout autre considération. Chez les vertébrés supérieurs comme chez les inférieurs, ils sont formés de trois parties : l'enveloppe, le protoplasma, le noyau. Chez les uns et les autres, l'enveloppe présente une disposition et des propriétés absolument semblables : dans les deux classes, le protoplasma est sous-jacent à l'enveloppe; dans toutes les deux, le noyau est situé dans un dedoublement de celle-ci. Chez les premiers comme chez les seconds, le protoplasma et le noyau sont granuleux et paraissent même uniquement composés de granulations. Que faut-il de plus pour démontrer leur grande analogie, leur similitude, leur presque identité? Comment admettre, en présence de tant de traits communs, une différence de nature? Reconnaissons donc que les globules rouges des mammifères sont constitués comme ceux des ovipares.

A côté de ces faits principaux qui attestent l'étroite parenté des globules rouges chez les allantoïdiens et les anallantoïdiens, s'en placent quelques autres d'une moindre importance, qui les distinguent et sur lesquels je dois aussi m'arrêter un instant. Chez les mammifères, le protoplasma est réduit à ses plus minimes dimensions, et le noyau atteint son plus grand développe-

ment. Chez les ovipares, c'est le protoplasma, au contraire, qui à lui seul constitue la presque totalité des globules; le noyau ne prend à leur formation qu'une part accessoire. Ce renversement de leurs proportions relatives, en s'ajoutant aux différences qui dérivent de leur conformation extérieure, complète le tableau de leurs traits distinctifs. Il entraîne une différence correspondante dans les attributions physiologiques de ces deux éléments.

Chez les ovipares, le protoplasma est le siège essentiel de l'hématose; c'est lui aussi qui préside à la distribution des sucs réparateurs; et s'il est comparativement si volumineux, c'est sans doute parce que les globules dans cette classe sont moins nombreux; le volume ici compense l'infériorité du nombre.

Dans les mammifères, c'est le noyau qui joue le rôle principal au double point de vue de l'oxygénation et de la nutrition, et cette différence devient pour eux un avantage; car les globules rouges ont des relations d'autant plus intimes avec les autres éléments de l'organisme qu'ils sont moins volumineux et plus nombreux; ces globules chez eux étant multipliés à l'infini, les principes assimilables qu'ils sont chargés de répartir sont mieux disséminés et plus accessibles, par conséquent, à chaque molécule organique; l'hématose est plus facile, plus rapide, plus énergique; l'assimilation mieux assurée, plus complète, plus parfaite, en un mot. De là une plus grande expansion dans tous les phénomènes qui relèvent de la vie; de là aussi leur plus grand développement et tout cet ensemble de privilèges qui, en s'ajoutant aux perfectionnements de leur système nerveux, les placent au sommet de l'échelle animale.

Nous pouvons donc terminer ce parallèle en concluant que les globules rouges se ressemblent dans tous les vertébrés par les points essentiels de leur constitution, qu'ils diffèrent seulement par quelques traits d'une importance secondaire, que ces différences réalisent en faveur des vertébrés supérieurs un perfectionnement dont le but est de mettre les principes assimilables en relations plus intimes avec les organes; mais ces globules, néanmoins, restent invariablement soumis chez tous à l'empire d'une loi commune, *l'unité de composition*.

D. — *Parallèle des globules rouges et des globules blancs.*

Nous savons de quels éléments sont formés ces deux ordres de globules; il nous sera donc facile de les comparer. Ces éléments pour les globules rouges sont au nombre de trois; dans les globules blancs ils se montrent en nombre

égal. Une enveloppe, un protoplasma, un noyau, tels ces trois éléments pour les premiers, et tels aussi ils sont pour les seconds.

L'enveloppe diffère-t-elle selon qu'on la considère chez les uns ou chez les autres? Non; elle ne diffère pas; et cette similitude est un premier lien qui tend à les rapprocher pour en faire autant de membres de la même famille.

Le protoplasma des globules blancs est granuleux; celui des globules rouges l'est également. Les granulations, il est vrai, semblent avoir disparu chez ceux-ci; mais leur disparition n'est qu'apparente; elles existent à l'état latent, et les réactifs les remettent en pleine lumière. Par la nature de leur contenu, les deux ordres de globules se rapprochent donc aussi. Le protoplasma est un second lien qui vient confirmer leur parenté.

Reste le noyau. Or, dans tous les éléments figurés du sang, quelle que soit leur couleur, il est en connexion intime avec l'enveloppe; dans tous il est arrondi; dans tous il est granuleux. De là autant de traits communs qui témoignent également en faveur de l'extrême analogie de leur constitution. On ne saurait donc nier qu'ils se composent des mêmes éléments; que la disposition relative de ces éléments est la même aussi de part et d'autre; qu'ils sont constitués, en un mot, sur le même type.

Entre ces deux ordres de globules, les histologistes cependant n'ont aperçu jusqu'ici que des différences. Oui, sans doute, ils diffèrent à quelques égards; il est parfaitement vrai que les globules rouges chez les vertébrés supérieurs sont plus petits que les blancs, qu'ils sont infiniment plus nombreux, qu'ils sont aplatis et non sphériques. Mais ces différences méritent-elles qu'on leur attache une si grande importance? Que prouvent-elles lorsqu'on les envisage dans leur constitution même? N'avons-nous pas vu, d'ailleurs, qu'on retrouve des différences semblables entre les globules rouges des ovipares et ceux des mammifères? Et néanmoins, nous avons dû conclure que, considérés en eux-mêmes, ils se rapprochent tellement par leur nature intime, qu'il n'y a pas lieu d'en faire deux ordres. Cette conclusion est celle aussi qui s'impose à nous lorsque nous comparons les globules blancs et les globules rouges. Leurs différences ne relèvent que de considérations secondaires. Leur analogie repose sur l'identité de leur composition.

Une telle similitude de constitution semble nous annoncer que les globules blancs et rouges ont probablement aussi la même origine et le même mode d'évolution. Or, l'observation va nous montrer en effet qu'ils se rapprochent

encore par les liens les plus étroits sous ce double point de vue. Car ils ont tous pour point de départ les globulins; et leur évolution comprend deux périodes : les globules blancs représentent la première; les globules rouges représentent la seconde. Pour compléter leur description, nous allons donc les prendre à leur naissance et les poursuivre dans leur développement.

ARTICLE II

ORIGINE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Les éléments figurés du sang ont pour commune origine des corpuscules d'une extrême petitesse, que Donné l'un des premiers a signalés, et que je désignerai avec cet auteur sous le nom de *globulins*.

Comment sont constitués les globulins et dans quels organes prennent-ils naissance? Telles sont les deux principales questions qui se rattachent à leur étude.

§ I. — Nature des globulins.

La définition que donnent les auteurs de ces globulins et de leur nature est extrêmement vague. N'ayant des globules blancs qu'une notion incomplète, ils ont parlé en termes plus obscurs encore des globulins. Mes recherches me permettront d'être plus explicite. Les globulins sont de simples globules blancs embryonnaires, dont le diamètre varie de 1 à 4 μ. Ils sont essentiellement constitués par le noyau des globules blancs. Des trois éléments qui composent ceux-ci, le noyau est toujours le premier qui se montre. Lorsqu'on les examine à un fort grossissement, on n'aperçoit qu'un petit globule arrondi et granuleux. Cependant ce petit globule ou globulin n'est pas formé exclusivement par le noyau. En réalité, il représente déjà une sphère creuse, et les parois de celle-ci comprennent aussi deux parties : l'une, principale, qui est le noyau, l'autre, accessoire, qui est l'enveloppe. Seulement le noyau, dans la période embryonnaire des globules, circonscrit la presque totalité de leur cavité; l'enveloppe ou partie hyaline n'en représente que le quart ou le cinquième et n'est pas encore apparente ; qu'on observe le globulin par tel ou tel point de sa périphérie, c'est toujours sa partie granuleuse seule qu'on aperçoit.

Mais à mesure que le globulin s'accroît, sa partie hyaline ou membraneuse

se développe, tandis que le noyau conserve à peu près son volume primitif. Plus ses dimensions augmentent, et plus aussi l'enveloppe s'étend en surface. Elle ne tarde donc pas à se montrer à son tour. Au début de son apparition elle fait saillie sur un point de la circonférence du noyau, comme un arc qui le déborde. Cet arc, qui ne répond d'abord qu'à une minime partie de son contour, ne tarde pas à former le tiers de la périphérie du globulin, puis la moitié de celle-ci, puis les trois quarts; et enfin le noyau finit, en apparence, par en occuper le centre. Le globulin passe alors à l'état de globule, et son diamètre atteint de 4 à 5 μ. Parvenu à ce degré de développement, on peut remarquer dans sa cavité les premières traces du protoplasma qui forme son troisième élément.

Telle est la constitution des globulins. On voit qu'elle diffère à peine de celle des globules qui ont acquis leurs dimensions définitives. Dans ceux-ci, le noyau est un élément accessoire; dans les globulins, c'est l'élément principal. Dans les globules adultes, l'enveloppe et le protoplasma atteignent des dimensions prédominantes; dans les globulins, l'un et l'autre sont si minimes, qu'ils restent au début tout à fait invisibles.

L'ordre dans lequel naissent les trois éléments des globulins n'est pas un fait isolé que nous puissions regarder comme exceptionnel. Il se relie à un fait général bien connu. Parmi les parties constituantes de nos divers organes, c'est toujours la plus essentielle qui apparaît la première. Dans les testicules, ce sont les tubes sécréteurs qui se montrent d'abord; dans l'ovaire ce sont les vésicules qui contiennent l'ovule; dans le système nerveux, ce sont les cellules et les tubes; dans les glandes vasculaires sanguines, ce sont les follicules clos que remplissent des globules blancs embryonnaires. Or, le noyau est la partie la plus importante des globules blancs; car nous verrons plus loin qu'il a pour attribution principale de se segmenter pour donner naissance aux globulins; il joue donc le rôle d'organe générateur; il préside à la multiplication des éléments figurés. Sa précoce évolution dès lors ne saurait nous surprendre; elle est conforme à la loi que s'impose la nature dans toutes ses créations, puisqu'elle débute constamment par l'ébauche des parties fondamentales.

Mais il ne suffit pas d'avancer que telle est bien réellement la constitution des globulins, et que telle est aussi leur évolution. Il importe de mettre ces deux faits hors de doute. Or, les preuves abondent. Nous les demanderons à l'anatomie pathologique. Une foule d'organes, en effet, contiennent des

globules blancs embryonnaires; ces organes deviennent assez souvent le siège d'hypertrophie, laquelle porte plus spécialement sur leurs globulins. Ceux-ci passent alors de la période embryonnaire à la période adulte, et en les suivant dans les diverses phases de leur accroissement on peut constater toute la série des faits précédemment exposés. Rien de plus fréquent, par exemple, que l'hypertrophie simple des amygdales et des ganglions lymphatiques. Comparez leurs globules à l'état normal et à l'état morbide. A l'état normal ces organes ne contiennent que des globules blancs à l'état d'ébauche, lesquels se présentent en quantité innombrable et couvrent tout le champ du microscope; dans cette masse de globulins, c'est à peine si on aperçoit çà et là quelques globules blancs parvenus à l'état adulte. Mais sous l'influence de l'hypertrophie ils s'accroissent rapidement, et arrivent bientôt à leurs dimensions définitives. Cependant ils ne marchent pas avec une égale vitesse vers le terme de leur complet développement; de là il suit : 1° que la plupart des globulins sont déjà des globules blancs pourvus de leurs trois éléments; 2° que toutes les phases par lesquelles passent ceux-ci pendant leur évolution se trouvent représentées sur le champ de la préparation. L'observateur voit en quelque sorte les globules embryonnaires se transformer sous ses yeux, et la démonstration est complète (1).

§ 2. — Organes dans lesquels les globulins prennent naissance.

Les organes dans lesquels naissent les globulins sont très nombreux. C'est dans les vertébrés supérieurs qu'ils acquièrent leur plus grande importance. A mesure qu'on descend la série animale, ils diminuent de nombre et de volume. Nous nous attacherons donc à les considérer surtout chez les mammifères.

Dans cette classe, il faut ranger parmi les organes qui ont pour attribution de produire les globulins : 1° les vaisseaux et les ganglions lymphatiques; 2° les follicules clos de l'intestin et ceux qui reposent sur la base de la langue; 3° toutes les glandes vasculaires sanguines : la rate, le thymus, la glande thyroïde, les amygdales et plusieurs autres de moindres dimensions.

Quelques auteurs seront surpris peut-être de me voir placer les vaisseaux

(1) Voy. la pl. XV, fig. 1 et 3.

lymphatiques au nombre des organes qui renferment de simples globulins. Pour eux, ce sont de véritables globules blancs, des globules adultes qu'on trouve dans ces vaisseaux. Ils en contiennent en effet; mais ils contiennent aussi des globules embryonnaires; et ceux-ci, sur certains points, se montrent en plus grande abondance que les précédents; quelquefois ce sont les seuls qu'on rencontre. Il m'a été donné bien souvent de mettre en évidence les vaisseaux lymphatiques du tube intestinal, soit dans les villosités, soit dans l'épaisseur de la tunique celluleuse, soit à leur entrée dans le mésentère. J'ai vu très clairement les globules qui remplissaient leur cavité : ils appartenaient tous à l'ordre des globulins, et ne différaient pas de ceux qu'on observe dans les réseaux d'origine. En se rapprochant du canal thoracique, ils augmentent de volume, de telle sorte qu'ils prennent graduellement les attributs des globules adultes ; j'ai pu le constater en examinant ceux qui cheminent dans les vaisseaux afférents et efférents des ganglions inguinaux; je l'ai constaté aussi en examinant la lymphe d'un jeune cheval sur lequel M. Colin, à ma demande, avait bien voulu ouvrir l'un des gros troncs de la région cervicale. Mais avant d'atteindre les principaux troncs dans lesquels ils vont s'ouvrir, les vaisseaux lymphatiques contiennent des globules moins développés. Le fait général est donc celui-ci : dans tous les réseaux d'origine et dans les troncules qui en partent, on ne rencontre que des globulins; dans les troncs de second ordre, on trouve un mélange de jeunes globules et de globules adultes; dans les troncs de premier ordre, ce sont ces derniers qu'on observe; mais ils sont loin cependant d'offrir un égal développement et quelques-uns très probablement n'ont pas encore acquis les dimensions qu'ils auront dans les vaisseaux sanguins.

Quant aux éléments figurés des ganglions lymphatiques, ils appartiennent bien manifestement au groupe des globulins. Ceux qui remplissent les follicules clos des glandes vasculaires sanguines sont du même ordre. Les histologistes allemands, qui ne connaissaient qu'incomplètement leur mode de constitution, les ont désignés sous le nom de *cellules lymphoïdes*, dénomination vague, en rapport avec les notions vagues aussi qu'ils en avaient. D'autres anatomistes les ont considérés comme des noyaux ou comme un mélange de noyaux et de cellules. Ces différentes opinions caractérisent assez bien les divers aspects sous lesquels ils se présentent au microscope. Les plus petits simulent, en effet, de simples noyaux; ceux qui sont plus développés laissent

entrevoir leur cavité et simulent des cellules. Mais, je ne puis trop le répéter, ces différences d'aspect ne correspondent pas à des différences de nature. Dans l'un et l'autre cas leur composition intime reste la même; dans l'un et l'autre l'observateur a sous les yeux un globule creux, composé d'une partie granuleuse et d'une partie membraneuse; si le globule est très petit, il ne voit que la première; mais s'il est plus gros, il les voit toutes les deux et distingue aussi la cavité qu'elles circonscrivent.

Tant qu'ils séjournent dans les organes au sein desquels ils ont pris naissance, les globulins conservent leurs dimensions embryonnaires. Cependant l'inflammation, l'hypertrophie, le cancer, la leucocythémie, etc., peuvent leur imprimer un accroissement rapide et parfois considérable. Mais ils ne passent, dans ces divers organes, de la première à la seconde période de leur développement que sous l'influence d'une cause morbide. Sur le terrain où ils ont pris naissance, ils ne trouvent pas les conditions favorables à leur complète évolution; c'est pourquoi leur séjour dans ces organes n'est que temporaire; ils conservent indéfiniment les mêmes dimensions aussi longtemps qu'ils les habitent. Aussi ne tardent-ils pas à les abandonner pour aller se déverser dans le torrent de la circulation; c'est là seulement qu'ils arrivent au terme de leur accroissement; c'est là qu'ils entrent en pleine possession de leur vitalité; c'est dans le plasma sanguin qu'ils vont se reproduire, se multiplier, se transformer.

Dès que les globules blancs arrivent dans le plasma du sang, on voit, en effet, leur noyau se diviser en deux ou plusieurs segments, qui représentent autant de globulins, et qui en sortent pour grandir à leur tour et devenir le point de départ d'une seconde génération qui se comportera comme la première.

Les globulins pris à leur origine se partagent en deux classes : les uns se forment de toutes pièces dans les organes qui les produisent; ils naissent par *voie de genèse*, ainsi que l'a très bien dit M. Ch. Robin (1). Les autres se forment aux dépens du noyau des globules blancs parvenus au terme de leur accroissement : ils naissent par *voie de prolifération*.

A ces deux modes de formation il convient d'en ajouter un troisième. Dès que le cœur commence à battre, il existe dans le sang des globules rouges

(1) Ch. Robin, LEUCOCYTES, *Dict. encyclopédique des sc. méd*, 2e série, t. II, p. 255.

et des globules blancs. Ces derniers se forment aux dépens des cellules primitives. Mais ils deviennent bientôt insuffisants pour mettre le nombre des éléments figurés en rapport avec les exigences d'un rapide accroissement; c'est alors qu'on voit leur noyau se segmenter. Ainsi, au début de la vie, ce sont les cellules primordiales, cellules embryoplastiques de M. Ch. Robin, qui se transforment les unes, incomparablement plus nombreuses, en globules rouges, les autres en globules blancs; et presque aussitôt ces premiers globules blancs entrent en prolifération. Un peu plus tard, d'autres globules blancs naissent par voie de genèse sur divers points de l'organisme; ensuite, et pendant toute la durée de l'existence, les globules se renouvellent par l'un et l'autre de ces deux modes.

ARTICLE III

ÉVOLUTION DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Nous avons vu que les éléments figurés du sang sont réductibles en trois parties très différentes. Ils ne méritent donc pas le nom d'éléments sous lequel on les désigne. Leur structure, plus compliquée qu'on ne l'avait pensé, permet de les considérer comme de véritables organes. Comme tous les organes ils naissent, s'accroissent, puis s'atrophient et dépérissent; après avoir ainsi vécu et circulé pendant un laps de temps encore indéterminé, ils finissent par disparaître, et sont alors remplacés par d'autres globules, en sorte qu'ils se renouvellent incessamment. Leur développement comprend par conséquent quatre périodes.

Dans la première, ou période embryonnaire, ils se présentent sous la forme de globules rudimentaires ou globulins.

Dans la seconde, ou période d'accroissement, ils arrivent à l'âge adulte et prennent alors le nom de globules blancs.

Dans la troisième, ou période de coloration, période de transformation, ils revêtent tous les attributs des globules rouges.

Enfin, dans la quatrième, ou période de sénilité, ils s'atrophient de plus en plus, puis subissent une dissolution complète.

Chacune de ces phases se distingue par un ensemble de phénomènes qui lui sont propres. Cependant pour en abréger et en simplifier l'étude, on

peut les ramener à deux principales : l'une pendant laquelle se développent les globules blancs; l'autre caractérisée par la transformation des globules blancs en globules rouges.

§ I. — Évolution des globules blancs.

Nous savons déjà que les globules blancs prennent naissance selon deux modes très distincts, par voie de genèse et par voie de prolifération. Leur développement présente quelques différences, selon qu'ils naissent par l'un ou l'autre mode.

A. *Développement des globules blancs qui naissent par genèse.*

A l'état de simple ébauche, les globules blancs qui naissent par genèse sont constitués par un globule creux ; et si petit que soit ce globule ou globulin, il se compose déjà cependant d'une partie granuleuse, le noyau, qui en forme la presque totalité, et d'une partie membraneuse, l'enveloppe, qui n'est pas alors apparente.

Mais bientôt ces deux parties se modifient dans leurs dimensions relatives et entraînent des modifications correspondantes dans l'aspect du globulin. Le noyau dont l'évolution est précoce et rapide reste stationnaire ou ne prend qu'une part très faible à l'accroissement du globule. La partie membraneuse, extrêmement rudimentaire et invisible au début, s'étend et acquiert une surface de plus en plus grande. Débordée d'abord par le noyau, elle ne tarde pas à le déborder à son tour en se dessinant sous la figure d'un arc qui s'allonge graduellement et qui finit par embrasser toute sa périphérie. Le globulin, qui offrait à son apparition toutes les apparences d'un simple noyau, c'est-à-dire d'une sphère pleine, se présente, lorsque l'enveloppe se montre, sous l'aspect d'une sphère creuse, très manifestement formée de deux parties. Aussi longtemps que le noyau l'emporte sur l'enveloppe, on ne voit aucune trace du protoplasma. Lorsque leurs dimensions sont égales, et alors même que l'enveloppe est déjà apparente, rien ne révèle encore son existence ; on l'entrevoit seulement lorsque celle-ci déborde le noyau sur une notable partie de son contour ; des granulations d'une extrême pâleur et peu nombreuses dénotent alors son apparition.

Les trois parties constituantes du globulin ne naissent donc pas simultanément. Le noyau et l'enveloppe paraissent d'abord; peut-être même y a-t-il un moment pendant lequel le noyau existe seul. La formation du protoplasma est toujours plus tardive. Lorsque les trois éléments ont paru, le globulin a déjà atteint le diamètre de 4 à 5 μ.

Parvenus à ce degré d'accroissement, les globules blancs conservent indéfiniment les mêmes dimensions s'ils restent dans l'organe où ils ont pris naissance. S'ils en sortent et s'ils ont déjà pénétré dans le plasma de la lymphe, ils augmentent de volume. Mais c'est surtout dans le plasma sanguin qu'ils trouvent un milieu favorable à leur développement; on les voit alors parvenir rapidement au terme de leur complète évolution. Dans cette dernière phase, le noyau s'accroît encore un peu. L'enveloppe acquiert son diamètre définitif. Le protoplasma, qui n'était représenté jusque-là que par de pâles et transparentes granulations, prend une teinte plus foncée. Celles-ci deviennent plus grosses et vésiculeuses; elles augmentent aussi de nombre au point de remplir, en grande partie ou en totalité, la cavité des globules auxquels elles donnent l'aspect mûriforme ou framboisé.

Cependant les granulations du protoplasma ne sont pas toujours aussi nombreuses et aussi volumineuses. Dans un très grand nombre de globules blancs parvenus à l'état adulte, elles restent pâles, fines et clairsemées; ces globules ne diffèrent des précédents ni par leurs dimensions, ni par leur composition; mais ils en diffèrent par leur aspect et par leur transparence, qui permet de distinguer très nettement leurs trois parties constituantes.

B. *Développement des globules blancs qui naissent par voie de prolifération.*

Parmi les phénomènes qui se rattachent à l'étude de la prolifération des globules blancs, il en est qui la précèdent et la préparent, d'autres qui l'accompagnent, et d'autres par lesquels elle s'achève. Nous aurons aussi à déterminer les divers points de l'économie où elle s'accomplit et les conditions physiologiques qui la favorisent. Une foule de maladies peuvent l'influencer et en modifier, en dénaturer même les caractères. Mais les considérations qu'elle appelle sous ce dernier point de vue trouveront plus naturellement leur place dans le dernier chapitre de ce travail consacré à la pathologie.

1. *Phénomènes qui précèdent la prolifération.* — Lorsqu'un globule blanc,

parvenu à l'âge adulte, est sur le point d'entrer en prolifération, on voit le protoplasma se modifier très notablement. S'il est composé de petites granulations transparentes, celles-ci se retirent vers le noyau et semblent l'entourer d'une écorce d'autant plus mince que la prolifération est plus prochaine. La plus grande partie de la cavité du globule reste alors vide, et l'enveloppe isolée, réduite à elle-même, se dessine sous la figure d'une ligne courbe, représentant une sorte d'anse à laquelle les deux autres éléments sont comme suspendus.

Si les granulations du protoplasma sont grosses et vésiculeuses, elles pâlissent, diminuent de volume, semblent ainsi s'écarter les unes des autres, prennent l'aspect d'une fine poussière, puis se portent également vers le noyau, en laissant la cavité qu'elles remplissaient presque vide.

Trois principaux phénomènes annoncent donc la prochaine segmentation du globulogène : l'atténuation du protoplasma, dont la plus grande partie disparaît, son application au globulogène, et le vide très considérable qui se produit dans la cavité des globules.

2. *Phénomènes qui accompagnent la prolifération.*—Parmi ces phénomènes, il en est un qui domine tous les autres : c'est la segmentation du noyau, lequel se partage en deux, trois, ou plus grand nombre de globulins, d'où le nom de *globulogène*, sous lequel je le désigne. Mais la segmentation ne s'opère pas toujours par le même procédé. Quelquefois on peut distinguer un trait qui annonce sa division en deux moitiés. Plus rarement on en remarque deux réciproquement perpendiculaires; il ne tarde pas alors à se diviser en quatre noyaux secondaires. Mais, en général, ce n'est pas ainsi que débute la segmentation. Le plus habituellement un angle rentrant se dessine sur un point du contour du globulogène; puis la pointe de l'angle se prolonge dans son épaisseur et les deux segments qu'elle sépare deviennent indépendants. Ou bien le globulogène s'allonge en cylindre, s'incurve, se renfle à ses extrémités, et cet allongement est suivi de la division du globulogène en deux ou trois globulins. Tels sont les premiers phénomènes qui se produisent. D'autres leurs succèdent.

Lorsque le noyau s'est partagé en deux moitiés, celles-ci se subdivisent assez fréquemment. Elles peuvent aussi se diviser l'une en deux globulins, et l'autre en trois, ou donner naissance chacune à trois noyaux secondaires. Le nombre des globulins s'élève bien rarement au delà de cinq à six. Cependant

j'ai pu en compter, dans certains globules, jusqu'à sept et huit. Leur volume varie un peu selon les espèces animales. Mais il est en général remarquable par ses très minimes dimensions, qui ne dépassent pas 1μ. Tous sont granuleux et semblent constitués par un petit noyau. Tant qu'ils occupent le globule en voie de prolifération, on n'aperçoit sur leur contour nul vestige d'enveloppe. Des granulations très fines les entourent de toutes parts et leur forment une sorte de nid dans lequel ils sont rangés les uns à côté des autres.

3. *Phénomènes qui suivent la prolifération.* — Après la complète segmentation du noyau, le petit groupe des globulins fait saillie sur la phériphérie du globule, dont il tend bien manifestement à sortir; la saillie qu'ils forment se prononce de plus en plus; bientôt ils s'en échappent un à un ou en masse, avec les fines granulations qui les entourent, et tombent alors dans le plasma sanguin où ils deviennent indépendants.

Comment s'opère la sortie des globulins? Elle est assez difficile à comprendre; car l'enveloppe des globules demeure absolument intacte; on n'y remarque jamais ni le plus petit orifice, ni la moindre solution de continuité ; extrêmement pâle, elle se montre sous la figure d'une simple ligne circulaire. Les globulins entraînant avec eux tout le protoplasma, la cavité qu'elle circonscrit reste vide. Son état de parfaite intégrité m'avait beaucoup frappé au début de mes recherches sur la segmentation des noyaux. Ce phénomène m'étonne moins aujourd'hui, parce qu'il m'a été donné d'en observer d'autres très analogues et plus surprenants encore. Sous l'influence de certains poisons, dont je parlerai plus loin, l'enveloppe des globules rouges est traversée par le noyau, qui ne laisse aucune trace de son passage. Le protoplasma de ces mêmes globules, après s'être rétracté, peut sortir également en masse; on les voit passer l'un et l'autre au travers de l'enveloppe; et celle-ci ne se modifie pas ; elle ne s'altère pas; elle reste ce qu'elle était. Or, si le noyau et si le protoplasma très volumineux des globules rouges peuvent traverser leur enveloppe sans compromettre en rien son intégrité, on comprend que de simples globulins puissent jouir du même privilège. Plus loin aussi, nous verrons que les globules rouges et les globules blancs, dans certaines conditions, passent à travers les parois des capillaires sanguins sans laisser également aucun indice de leur passage: c'est la *diapédèse des éléments figurés*. En regard, ou à côté de cette diapédèse principale, il faut placer la *diapédèse des noyaux* et la *diapédèse du*

protoplasma. Lorsque le noyau des globules blancs s'est divisé en plusieurs noyaux secondaires, ceux-ci passent à travers leur enveloppe par un procédé semblable; aux diapédèses qui précèdent, il faut donc ajouter encore la *diapédèse des globulins*.

Après leur sortie, les globulins qui sont le produit de la prolifération se séparent les uns des autres et des granulations ambiantes, flottent indépendants dans le plasma du sang et s'y comportent comme ceux qui naissent par genèse. Ils passent rapidement par toute la série des transformations que nous avons mentionnées en parlant de ceux-ci; et comme la prolifération est un phénomène continu, comme d'autres globulins, nés par voix de genèse, sont incessamment déversés dans le torrent de la circulation, en soumettant une goutte de sang à l'examen microscopique, on aura sous les yeux un tableau qui représentera les globules blancs dans toutes les phases de leur évolution.

4. *Où s'opère la prolifération des globules blancs?* — Nous avons vu déjà qu'elle ne s'opère pas au sein des organes dans lesquels un si grand nombre de globulins prennent naissance. J'en ai trouvé cependant quelques exemples dans les glandes vasculaires sanguines. Mais ils s'y montrent en si petit nombre qu'il faut les regarder comme exceptionnels. Il est assez rare aussi de rencontrer des globules blancs en voie de prolifération dans les vaisseaux lymphatiques de second ordre. En voyant ces globules se multiplier avec une prodigieuse abondance dans les ganglions lymphatiques, j'inclinais à penser que cette multiplicité était probablement le résultat de la segmentation de leur noyau. Mais des observations répétées sont venues me démontrer que dans ces organes, comme dans tous ceux qui précèdent, ils conservent leurs dimensions primitives ou embryonnaires. La loi qui préside à leur évolution peut donc être formulée en ces termes : Tout globule blanc qui a pris naissance en dehors des vaisseaux sanguins reste à l'état de globulin, ou ne prend qu'un faible accroissement, tant qu'il ne s'est pas mêlé aux globules rouges. Cependant cette loi ne s'applique pas à ceux qui cheminent dans les gros troncs lymphatiques; car parmi ces derniers la plupart ont déjà acquis un remarquable développement; ils semblent s'accroître à mesure qu'ils se rapprochent du milieu dans lequel ils vont se reproduire. Mais c'est dans ce milieu seulement que la prolifération devenait vraiment utile, puisque là se trouvent les globules qui s'usent au service de la nutrition et qu'ils sont appelés à remplacer.

Chez les invertébrés, les globules blancs se développent dans le plasma de la lymphe. Ils se renouvellent par le processus qui a présidé à leur formation, c'est-à-dire par genèse, et non par voie de prolifération. Si quelquefois les noyaux se divisent dans cette classe, c'est aussi à titre exceptionnel, et comme pour attester leur tendance générale à la segmentation.

5° *Conditions qui favorisent la prolifération.* — Ces conditions sont multiples. J'en mentionnerai seulement trois dont l'influence est remarquable et constante : le jeune âge, la grossesse et les hémorrhagies abondantes.

Chez le fœtus et l'enfant, le nombre des globules blancs en voie de prolifération est toujours considérable; il l'emporte notablement sur celui des globules uninucléés. Si dans une goutte de sang du nouveau-né il existe vingt globules, on en trouve au moins quinze et souvent seize, dix-sept et dix-huit, dont le noyau s'est divisé en plusieurs globulins. Quelquefois on ne voit même que des globules à noyau segmenté. Cette excessive prolifération n'est pas un fait propre à l'espèce humaine; j'ai pu l'observer aussi chez le fœtus des mammifères, le chien, le chat, le rat, et parmi les reptiles, sur la couleuvre et tous les jeunes batraciens. Le but que se propose la nature en multipliant les globulins au début de la vie est facile à saisir; l'organisme à cet âge est en plein développement; il est doué d'une vitalité extrême; les globules rouges s'usent vite; ils deviennent rapidement insuffisants; et les globules blancs prolifèrent pour satisfaire à cette dévorante activité.

La grossesse exerce sur la segmentation de ces globules une influence égale à celle d'un rapide accroissement. On m'avait apporté le même jour deux flacons qui contenaient, l'un du sang provenant du cordon ombilical d'un nous veau-né, l'autre des voies génitales de la femme qui venait de le mettre au monde. Je ne fus pas surpris de trouver un grand nombre de globules proliférants dans le sang de l'enfant. Mais je pensais en rencontrer beaucoup moins dans celui de la mère. Je me trompais; ils étaient chez elle presque aussi nombreux. Leur prédominance de nombre sur les globules uninucléés est si frappante et si constante, qu'elle peut être considérée comme l'un des signes importants de la grossesse. Étant donnée une goutte de sang d'une femme grosse, et une autre goutte d'une femme non en état de grossesse et bien portante, le microscope permettra de reconnaître quelle est celle dont l'utérus est gravide et celle dont l'utérus est dans son état le plus habituel. Très probablement il en

est de même chez tous les mammifères et même chez tous les vertébrés; mais je n'ai pu recueillir que deux faits confirmatifs : le premier observé chez une rate, le second sur une couleuvre qui contenait quatorze œufs dans son abdomen.

La multiplication des globules blancs à la suite des hémorrhagies abondantes est un fait aujourd'hui bien établi. Il a été constaté par M. Vulpian sur la grenouille (1), par M. Pouchet sur le triton (2), par M. Kirmisson (3) et beaucoup d'autres auteurs sur le chien, par M. Hayem sur la femme (4), etc. J'ai pu, de mon côté, obtenir des résultats analogues en incisant tantôt les vaisseaux poplités et tantôt les vaisseaux axillaires chez des crapauds et des grenouilles, ou bien en excisant la queue chez des tritons. Je déterminais ainsi d'abondantes saignées, parfois répétées, et dans le court espace de quelques jours je voyais les globules blancs se multiplier et leurs noyaux se segmenter. Le but de cette segmentation est le même que se propose l'organisation dans un accroissement rapide et dans la grossesse : dans les trois cas, il y a insuffisance de globules rouges, et les globules blancs précipitent leur évolution afin de répondre aux exigences de l'économie

Dans plusieurs maladies l'augmentation du nombre des globules blancs, qui est la première conséquence de cette abondante prolifération, n'est pas moins remarquable. M. Ch. Robin, l'un des premiers, l'a signalée en ces termes : « On en rencontre alors de dix à quinze dans le champ du microscope, tandis qu'à l'état normal il en existe tout au plus un ou deux (5). » Dans son article LEUCOCYTES du *Dictionnaire des sciences médicales*, cet auteur est plus explicite encore : « Il est d'autres circonstances morbides où le nombre des leucocytes devient le vingtième, le dixième, le cinquième et même le tiers ou le quart de celui des hématies..... Dans un cas de ce genre, observé chez un enfant, le nombre des leucocytes était, à celui des hématies, comme 2 : 1. Les globulins l'emportaient de beaucoup en quantité sur les leucocytes complètement développés (6). »

(1) Vulpian, *De la régénération des globules rouges du sang chez les grenouilles, à la suite d'hémorrhagies considérables* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXXXIV, 4 juin 1877).

(2) Pouchet (*Comptes rendus de la Société de biologie*, année, 1878, p. 38).

(3) Kirmisson, *De l'anémie consécutive aux hémorrhagies* (thèse d'agrégation, 1880, p. 24).

(4) Voy. la thèse d'agrégation de M. Kirmisson, déjà citée, p. 49.

(5) Ch. Robin (*Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 1855, p. 48).

(6) Ch. Robin (*Dict. encycl. des sc. méd.*, 2e série, 1869, t. II, p. 228).

A l'état normal, le nombre des globules blancs chez les mammifères est à celui des globules blancs, comme 1 : 250 ou 300. Pour qu'il augmente si considérablement sous l'influence de certaines conditions physiologiques ou morbides, on voit donc quelle prodigieuse activité ces globules déploient dans leur prolifération. Un calcul très simple nous rend compte des résultats de cette activité. Admettons que chaque globule produit en moyenne quatre globulins, et que ceux-ci se comporteront de même : le nombre des globules blancs croissant en progression géométrique, un seul globule à la cinquième génération en aura produit plus de 1000 et près de 450 000 à la dixième génération. La multiplication sera donc en raison directe de la rapidité avec laquelle se succéderont ces générations. L'organisme possède ainsi dans les globules blancs un procédé très simple et très expéditif pour combattre toutes les causes qui peuvent affaiblir ou altérer les sources de son alimentation.

§ 2. — Transformation des globules blancs en globules rouges.

La transformation des globules blancs en globules rouges est un phénomène qui, de tout temps, a vivement attiré l'attention des hématologistes. Aujourd'hui, c'est avec plus d'ardeur encore qu'on l'étudie et la discute. Presque tous les observateurs inclinent à la considérer comme réelle ; beaucoup même n'hésitent pas à l'admettre. Cependant, lorsqu'on cherche sur quelle base repose leur opinion, on reconnaît qu'ils n'allèguent aucune bonne raison pour la justifier. Les faits que nous allons exposer nous semblent lever tous les doutes. Cette transformation diffère un peu, du reste, pour les deux ordres de vertèbres.

A. *Transformation des globules blancs en globules rouges chez les ovipares.*

Chez les ovipares, comme chez les vivipares, cette transformation ne s'accomplit jamais brusquement ; certaines modifications l'annoncent ; d'autres se passent pendant la coloration des globules, et d'autres encore se produisent lorsqu'ils se sont usés au service de la nutrition.

1° *Modifications qui précèdent et annoncent leur coloration.* — Si le protoplasma se compose de grosses granulations vésiculeuses, celles-ci pâlissent et diminuent graduellement de volume ; bientôt tout le contenu des globules

perd sa couleur sombre; il devient clair et transparent. C'est aussi ce qui se produit au début de la prolifération. Mais un phénomène important distingue leur prochaine prolifération de leur prochaine coloration. Dans le premier cas, le protoplasma se rassemble en masse et s'applique à la face interne du noyau, en sorte qu'un vide plus ou moins notable se montre dans la cavité du globule. Dans le second cas, le protoplasma reste uniformément disséminé dans cette cavité. Il arrive un moment où sa pâleur et sa transparence sont telles qu'il semble avoir en grande partie disparu. Il persiste cependant, mais à l'état latent.

Si le protoplasma est simplement granuleux, c'est-à-dire très fin et clair-semé, sa transformation est déjà presque entièrement accomplie; il devient seulement plus clair encore, reste aussi uniformément disséminé, et passe de même à l'état latent ou homogène, sans rien perdre également de sa réalité primitive.

Le noyau conserve d'abord sa figure circulaire et son contour très accusé; puis il s'allonge et prend une figure elliptique.

L'enveloppe, qui circonscrivait une cavité sphérique, s'allonge aussi. En même temps, cette cavité s'aplatit; la globule revêt alors la forme et souvent aussi les dimensions des globules rouges.

Dans cette période de leur développement, les globules blancs prennent donc la forme des globules rouges. Seulement, les premiers restent transparents ; les autres sont colorés. On voit presque toujours, dans le champ de la préparation, un certain nombre de ces globules transparents et presque homogènes. On peut même les distinguer dans les capillaires, lorsque le sang ne circule pas trop rapidement. Ils établissent la transition entre les globules à protoplasma clair-semé et les globules rouges; se rapprochant des premiers par leur transparence, par la couleur sombre de leur noyau, et des seconds par leur forme et l'apparente homogénéité de leur contenu.

2° *Modifications qui se passent pendant la coloration.* — Dès que les globules blancs ont pris la forme des globules rouges, on voit leur protoplasma se colorer; il revêt une teinte jaune paille; le contour de leur noyau s'efface en grande partie, et la coloration s'accuse ensuite de plus en plus en passant par des nuances qui l'amènent progressivement au ton qu'elle doit conserver. Parvenus à ce dernier terme de leur évolution, toute trace de protoplasma a

disparu; le noyau lui-même, qui, jusque dans les derniers temps, offrait un contour si arrêté et des granulations si évidentes, n'existe plus qu'à l'état de vestige. La transformation est complète. Le globule rouge semble alors n'avoir plus rien de commun avec le globule blanc, tellement il en diffère au premier aspect. Mais soumettez ce globule rouge aux réactifs appropriés, et aussitôt le noyau reparaît avec son contour si net; immédiatement le protoplasma se montre avec toutes ses granulations; l'enveloppe elle-même, qui s'était confondue avec son contenu, s'en détache et reprend son individualité. Ce globule, qui semblait si radicalement métamorphosé, ne l'était donc qu'à la surface. Sous sa couleur on retrouve tous les caractères qui lui étaient propres dans la première période de son développement. Il est resté ce qu'il était; un attribut nouveau est seulement venu s'ajouter à ses attributs primitifs; et en s'ajoutant à ceux-ci il les masquait. Que ce nouvel attribut disparaisse, et le globule rouge revient à l'état de globule blanc.

En présence de tous ces faits, dévoilés par une analyse qui donne constamment les mêmes résultats et que chacun peut facilement répéter aussi souvent qu'il le désire et toujours avec le même succès, en présence de ces faits si précis et si faciles à vérifier, comment n'aurions-nous pas le droit de conclure que les globules blancs se transforment en globules rouges? A l'appui de cette conclusion, nous apportons non seulement des preuves, mais une contre-épreuve. Les preuves, nous les trouvons dans la série des phénomènes par lesquels passent les globules blancs en se transformant; la contre-épreuve, nous la donnons en décolorant ces globules et en leur restituant tous les caractères qui les distinguaient avant leur coloration. La démonstration me semble donc complète et rigoureuse.

Parmi les globules blancs, il en est qui ne passent pas par toute la série de modifications que nous venons de mentionner. Après des hémorrhagies considérables ou répétées à de courts intervalles, les nécessités d'une prompte réparation déterminent une transformation plus rapide. On remarque alors des globules blancs d'une teinte pâle, transparents, d'aspect presque homogène, qui flottent en nombre variable dans le plasma sanguin, et qui sont nés depuis quelques jours seulement, parfois depuis trente-six ou quarante-huit heures. Ces globules nouveau-nés et encore incolores, mais prêts à se colorer, ont été signalés et bien observés, chez les grenouilles, par M. Vulpian, qui le considère, avec raison, comme destinés à se transformer en globules rouges.

Ce sont, en effet, des globules de transition, c'est-à-dire des globules déjà arrivés au degré de maturité voulu pour leur transformation. Mais tous les autres globules blancs à protoplasma vésiculeux ou granuleux, arriveront au même degré de maturité et se transformeront également. Ils n'offrent donc rien de spécial : ils représentent simplement la dernière phase du processus physiologique par lequel passent tous les globules blancs lorsqu'ils doivent se transformer en globules rouges. Seulement, ils arrivent en quelque sorte d'emblée à cette phase ultime (1).

3° *Modifications que subissent les globules rouges des ovipares dans la dernière période de leur existence.* — En parcourant l'appareil de la circulation, les globules rouges sont soumis à d'incessantes réactions, d'une part dans les capillaires généraux, où ils abandonnent aux divers tissus des sucs assimilables, de l'autre dans les capillaires pulmonaires, où ils absorbent l'oxygène. Ces continuels échanges moléculaires finissent, après un temps indéterminé, par amener leur dégénérescence sénile. Celle-ci s'annonce surtout par l'atrophie du noyau, lequel se déforme en diminuant de volume ; ses granulations disparaissent en partie ou totalement ; et les réactifs qui les remettaient si bien en évidence pendant toute la durée de l'âge adulte n'ont plus le pouvoir de les faire reparaître. Le protaplasma et l'enveloppe se modifient à peine. Cependant, on voit assez fréquemment les vieux globules se rapetisser. Leur coloration se conserve et devient parfois plus foncée. Mais toutes ces modifications sont variables et peu prononcées. Les seules qui soient constantes et bien évidentes sont celles qui portent sur le noyau. A la petitesse et à l'aspect plus homogène de celui-ci, on les reconnaît en général facilement.

B. *Transformation des globules blancs en globules rouges chez les mammifères.*

Chez les vertébrés supérieurs, les globules blancs destinés à se transformer en globules rouges subissent aussi les modifications préparatoires qui ont pour but de faire passer à l'état latent les granulations du protoplasma. Non seulement les granulations pâlissent et s'amoindrissent, mais elles disparaissent en grande partie ; il n'en reste plus qu'une mince couche qui s'applique au

(1) Vulpian. *De la régénération des globules du sang chez les grenouilles à la suite d'hémorrhagies considérables.* (*Comptes rendus, Acad. des sciences*, t. LXXXIV, 4 juin 1877.)

noyau. Celui-ci conserve ses dimensions : il conserve aussi sa forme aplatie. Mais, à mesure que le protoplasma se réduit, un sillon circulaire se creuse entre son contour et l'enveloppe, en sorte qu'il semble s'enfoncer dans la cavité du globule, et bientôt, en effet, il la remplit presque entièrement (1). Après avoir subi cette modification dans ses rapports avec les deux autres parties du globule, il se présente sous l'aspect d'un disque logé dans sa cavité, se continuant par une partie très étroite de sa périphérie avec l'enveloppe. Cette partie adhérente lui constitue une sorte de pédicule extrêmement court. Le protoplasma, qui la recouvre presque entièrement, s'avance jusqu'à ce pédicule et revêt ainsi la forme d'un disque creux qui contient dans sa cavité un disque plein.

A mesure que le noyau et le protoplasma prennent la conformation et la situation relative qui viennent d'être décrites, l'enveloppe du globule, d'abord très ample, se rétracte en suivant dans son retrait la petite masse protoplasmique; et bientôt elle ne se trouve séparée de celle-ci que par un minime intervalle. Ici se termine la phase préparatoire, c'est-à-dire celle qui précède la coloration. Dans cette dernière phase, l'enveloppe s'applique au contenu; le globule, qui a considérablement diminué de volume, possède ses dimensions définitives. On voit alors les granulations du noyau pâlir et disparaître; puis, tout le globule prendre une teinte jaune paille, et se colorer rapidement, l'hématose chez les mammifères s'opérant dans des conditions plus favorables que chez la plupart des ovipares.

En résumé, disparition apparente et graduelle de la plus grande partie du protoplasma, conservation intégrale des dimensions du noyau, sillon circulaire séparant celui-ci de l'enveloppe : tels sont les phénomènes principaux de la première phase ou phase préparatoire; application de l'enveloppe aux deux éléments sous-jacents, fusion apparente de ces trois éléments, disparition apparente aussi des granulations du protoplasma et du noyau, coloration progressive et rapide du globule, tels sont ceux de la seconde.

Lorsque les globules blancs se sont transformés en globules rouges, les trois parties qui les constituaient ont changé de forme. Leur disposition relative n'est plus la même; elles semblent s'être fusionnées en une seule petite masse discoïde et biconcave. Mais aucune n'a disparu. L'action des réactifs

(1) Voy. les pl. X, fig. 5, 14 et 18; XI, fig. 5, 12, 17 et 21; XII, fig. 4, 11 et 16.

restitue à chacune son indépendance. Sous leur influence, l'enveloppe reparaît; le protoplasma, si réduit qu'il soit, se montre aussi avec ses fines granulations; le noyau reprend sa place, et ses granulations, autrefois si apparentes, redeviennent très manifestes.

Pour démontrer la transformation des globules blancs en globules rouges chez les vertébrés supérieurs, nous avons exposé une à une les diverses modifications qui la préparent, qui l'accompagnent, qui la mettent en pleine évidence et hors de toute contestation. On pouvait nous demander aussi une contre-épreuve. Cette contre-épreuve, nous l'empruntons à la décoloration des globules. En les décolorant, nous les ramenons à l'état de globules blancs; nous restituons à chacune de leurs trois parties constituantes les attributs qui la distinguent. Ainsi, nous les avons vus passer de l'état de globules blancs à l'état de globules rouges, et nous les voyons ensuite revenir de leur seconde forme à la première. De tant de preuves accumulées, nous pouvons, je pense, conclure que chez les mammifères la transformation des globules blancs en globules rouges n'est pas moins réelle que chez les vertébrés inférieurs.

CHAPITRE II

CARACTÈRES PARTICULIERS DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Ces éléments offrent de notables différences selon qu'on les observe chez les animaux sans vertèbres ou chez les vertébrés.

ARTICLE PREMIER

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG DES INVERTÉBRÉS

Les animaux sans vertèbres sont si nombreux, ils forment un si grand nombre de classes, de tribus, d'ordres, de familles et de genres qu'il ne saurait être donné à un même observateur d'examiner chez tous le fluide dans lequel flottent les éléments figurés du sang; et, d'ailleurs, quelques-uns d'entre eux, placés, pour la plupart, sur les derniers degrés de l'échelle en sont dépourvus. Je les ai étudiés chez les vers, les insectes, les arachnides, les crustacés et les mollusques.

En remontant des invertébrés inférieurs aux plus élevés, on ne tarde pas à reconnaître que le nombre de ces éléments s'accroît de plus en plus. Mes observations, sous ce point de vue, viennent confirmer celles de M. Milne Edwards, qui a signalé ce fait depuis longtemps déjà et qui en a montré toute l'importance, en faisant remarquer qu'il s'applique non seulement aux animaux sans vertèbres, mais aussi à toute la série des vertébrés. « Une tendance que l'étude du sang chez les divers animaux nous a laissé entrevoir » se montre ici de la manière la plus nette : c'est l'abondance croissante des » globules à mesure que l'organisme se perfectionne (1). »

Dans cet embranchement, les éléments figurés du liquide nourricier se distinguent surtout par l'extrême variété de leur forme et de leurs dimensions; et ces variétés ne dépendent ni des tributs, ni des ordres, ni des genres; on les retrouve dans toutes les classes et toutes les espèces. Cependant, certains animaux sont plus particulièrement remarquables sous ce double point de vue; dans ce nombre figurent, au premier rang, les crustacés.

§ 1. — Éléments figurés du sang des vers

Parmi les animaux qui se rattachent à ce groupe si considérable, figurent les annélides, dont Cuvier, le premier, a formé une classe. Frappé de la couleur que présente le liquide nourricier de ces invertébrés, il les désigna sous le nom de *vers à sang rouge*. Mais cette coloration n'est pas un caractère constant.

De Blainville montra que chez l'Aphrodite hérissée, une des espèces les plus grosses, le sang présente une couleur blanche. M. Milne Edwards, dans un mémoire lu à l'Académie des sciences en 1837, signale d'autres exceptions : « Dans les Polynoès, le sang n'est pas rouge, comme le pensait » Cuvier, mais seulement un peu jaunâtre; dans le genre Pigalon, qui appartient à la même tribut, le sang est presque incolore. En poursuivant mes » recherches, je ne tardai pas à voir que, dans cette classe d'animaux, la » couleur du sang peut varier, non seulement d'une famille à une autre, » mais aussi d'un genre à un genre très voisin de la même famille. Ainsi, » tandis que le sang est d'un rouge intense chez les Néréides, les Glycères

(1) Milne Edwards, *Leçons sur la phys. et l'anat. comparée*, t. I, p. 96.

» et les Néphtys, il est incolore ou seulement jaunâtre chez Phyllodacés. » Mais une anomalie plus remarquable encore est celle qui m'a été offerte » par une belle et grande espèce de Sabelle assez commune à Cancale ; car » chez cet annélide, le sang est d'une couleur verte, tirant sur l'olive, bien » que dans les genres voisins ce liquide soit rouge (1). » Dujardin, plus tard, a fait connaître un second exemple d'annélide à sang vert.

De l'ensemble des faits connus il résulte que la couleur du sang chez les annélides est loin d'offrir l'importance physiologique que lui ont attribuée beaucoup de naturalistes. Ces animaux, du reste, ne sont pas les seuls invertébrés dont le sang peut être rouge. M. Milne Edwards, dans son voyage sur les côtes de Sicile, en 1837, a pu constater que, chez un ver, la *Lancette*, le liquide nourricier est rouge comme chez la plupart des annélides, tandis qu'il est incolore chez les Planaires, les Nermettes et tous les autres animaux avec lesquels cet helminthe a le plus d'affinité.

Cet illustre zoologiste a soumis à l'examen microscopique le sang des vers à sang rouge. « Les globules qu'il renferme n'ont pas du tout l'aspect » de ceux propres au sang des animaux vertébrés : ce sont des corpuscules » circulaires dont la surface a un aspect framboisé et dont les dimensions » varient extrêmement chez un même animal (2). »

Le principe colorant du sang des annélides, du reste, n'a pas son siège dans ces globules. M. Milne Edwards a reconnu le premier qu'il se trouvait dissous dans le plasma; et M. de Quatrefages, en 1846, l'a aussi très nettement constaté : « Ce principe colorant, est ici dissous dans le sang lui-même (3). » Il se présente, en effet, à l'état de dissolution; j'ai pu le précipiter, et j'ai acquis ainsi la certitude qu'il est constitué par des granulations d'hémoglobine.

Cependant, nous venons de voir que le sang des annélides renferme des corpuscules figurés signalés par M. Milne Edwards. M. de Quatrefages a observé aussi ces mêmes corpuscules; mais il fait remarquer qu'on les rencontre dans le liquide de la cavité générale du corps et non dans le sang, où je les ai, de mon côté, vainement cherchés. Flottant dans le liquide

(1) Milne Edwards, *Rech. pour servir à l'histoire de la circulation du sang chez les annéldies* (*Aunales des sc. nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1838, T. X, p. 196 et 197.

(2) *Loco citato*, p. 196.)

(3) De Quatrefages, *Annales des sc. naturell es*, 3e série, *Zoologie*, t. V, 1846, p. 380.

cavitaire, ces corpuscules lui donnent une importance qu'on n'avait pas jusqu'alors soupçonnée et que l'auteur précédent s'attache à mettre en lumière. Il nous montre les œufs et les spermatozoïdes tombant dans ce liquide sans conserver aucun lien avec les organes dans lesquels ils ont pris naissance, et se développant aussi complètement, aussi rapidement que s'ils avaient continué à résider dans l'ovaire ou le testicule. Le liquide cavitaire est donc un fluide nourricier; et M. de Quatrefages, partant de ce fait capital, n'hésite pas à admettre que ce fluide chargé d'éléments nutritifs peut nourrir aussi les divers organes dont il baigne la périphérie. « Le liquide » de la cavité générale du corps, chez les annélides errantes et tubicoles, » est sans cesse agité, par suite des contractions et des mouvements » généraux de l'organisme... Il semble même, dans quelques circonstances, » présenter des mouvements plus réguliers et qui ressemblent davantage » à une véritable circulation; c'est du moins ce que j'ai observé dans » de très petits Siponcles qui habitent au milieu des touffes de coralines » et de fucus... Ces globules sont dans un rapport marqué avec l'état » physiologique de l'animal qu'on observe; plus ce dernier est vigoureux, » plus les globules sont nombreux et gros. Chez les annélides micro- » scopiques, le nombre de ces derniers double ou triple lors de la gestation, » époque à laquelle ces animaux présentent un surcroît de vitalité très » prononcé (1). »

Dans un important mémoire sur la circulation des annélides, publié en 1850, M. de Quatrefages formule plus nettement encore son opinion sur les attributions du liquide cavitaire : « Chez les invertébrés, à cavité généralement » close, le développement de l'appareil vasculaire et celui de la cavité générale » sont pour ainsi dire en raison inverse l'un de l'autre... Lorsque l'appareil de » la circulation est très développé, le sang suffit presque à lui seul à l'entre- » tien du corps; s'il reste très incomplet et si, au contraire, la cavité générale » acquiert un grand développement, cette fonction est dévolue en entier au » liquide qu'elle renferme (2). » Dans son travail sur l'organisation des Pychnogonides, cet auteur n'est pas moins explicite : « Chez ces annelés, » l'appareil de la digestion est placé dans une grande lacune occupant tout

(1) *Loc. cit.*, p. 381.

(2) De Quatrefages, *Études sur les types inférieurs de l'embranchement des annelés* (*Annales des sc. nat.*, 3e série. *Zoologie*, 1850, t. IV, p. 316).

» le thorax et se prolongeant dans les pattes. Cette lacune est remplie par un » liquide diaphane où l'on distingue seulement un assez grand nombre de » corpuscules transparents. Ce liquide est sans cesse agité de mouvements » irréguliers... C'est à ces mouvements irréguliers que se borne toute la cir- » culation. On n'aperçoit point d'organe particulier pour l'accomplissement » de cette fonction. Cœur et vaisseaux paraissent avoir entièrement disparu et » être remplacés par la grande lacune dont nous avons parlé : aussi le liquide » qu'elle renferme est-il, à nos yeux, le représentant du sang, ou mieux le » sang tout entier (1). »

Chez les Planaires, cet auteur a fait des observations analogues. Dans plusieurs il a vu la cavité générale se prolonger dans tout le corps ; « elle » était remplie d'un liquide transparent qu'agitaient les mouvements géné- » raux du corps, mouvements qui rendaient très sensibles les oscillations de » petits corpuscules, arrondis et réfringents (2). »

Dans les Nermètes, le sang ne contient également aucun élément figuré. Ces éléments nagent dans le liquide cavitaire, qui semble en posséder toutes les attributions (3).

Des recherches de M. de Quatrefages il résulte donc, en définitive, que le sang contenu dans les vaisseaux, chez les annelés d'un type dégradé, ne présente pas d'éléments figurés, ou n'en présente que très exceptionnellement, et que le sang cavitaire en renferme le plus habituellement, tantôt en minime proportion, quelquefois en grand nombre.

M. Blanchart, qui a publié aussi plusieurs et très importants mémoires sur l'organisation des vers, ne s'attache pas à distinguer le sang vasculaire du sang cavitaire. Mais, dans le cours de ses longues recherches, qui ont eu pour résultat d'élargir beaucoup le cercle de nos connaissances sur l'appareil de la circulation, il a pu reconnaître, dans le premier de ces liquides, la présence d'éléments figurés. Ainsi, dans les Échinorrhynques, il a découvert de véritables vaisseaux, et, en les déchirant sur des animaux vivants, cet auteur a vu s'écouler de leur intérieur une faible quantité de liquide transparent, conte-

(1) De Quatrefages, *Études sur les types inférieurs de l'embranchement des annelés* (*Annales des sc. nat.*, 3e série. *Zoologie*, t. IV, 1845 p. 76).

(2) De Quatrefages, *Études sur les types inférieurs de l'embranchement des annelés* (*Annales des sc. nat.*, 3e série, t. IV, 1845, p. 153).

(3) De Quatrefages, *Études sur les types inférieurs de l'embranchement des annelés* (*Annales des sc. nat.*, 3e série, t. VI, 1846, p. 294).

nant quelques corpuscules irréguliers (1). Je rappellerai cependant, à cette occasion, une remarque de M. de Quatrefages; il est bien difficile d'ouvrir les vaisseaux et d'en extraire le contenu sans ouvrir aussi la cavité générale du corps, et dès lors il y a lieu de se demander si les corpuscules observés par M. Blanchard proviennent du sang ou du liquide cavitaire.

De mon côté, j'ai vu très nettement ces mêmes corpuscules chez les Naïs ou vers d'eau; je les ai vus aussi chez le lombric terrestre. Pour les obtenir, j'incisais transversalement le corps, et j'ouvrais par conséquent la cavité générale; mes corpuscules sortaient-ils des vaisseaux ou appartenaient-ils au liquide de la cavité générale? je ne puis rien affirmer à cet égard; mais les faits nombreux et précis mentionnés par M. de Quatrefages me portent à admettre que le liquide cavitaire en était le point de départ.

De l'ensemble des recherches faites par M. Milne Edwards, M. de Quatrefages et M. Blanchard, nous pouvons conclure qu'il existe chez les vers des éléments figurés et que ceux-ci ont pour siège principal et même exclusif, dans un grand nombre de ces animaux, le sang cavitaire. Leurs travaux cependant laissent planer encore quelques doutes sur les caractères histologiques de ces éléments. Mes observations à cet égard viennent compléter les leurs. Elles démontrent clairement que les éléments figurés du sang des vers sont des globules blancs. Ces globules, nous allons les rencontrer chez des animaux d'un rang plus élevé, dans lesquels la cavité générale du corps communique avec l'appareil de la circulation. Mais les recherches de M. de Quatrefages attestent que, chez les vers, où cette cavité est souvent tout à fait indépendante de l'appareil circulatoire, on rencontre déjà des globules du même ordre dans le liquide qu'elle contient. C'est là un fait considérable dont la découverte lui appartient incontestablement et qu'il importe de ne pas oublier; car il nous autorisera à conclure que, chez tous les invertébrés dont le corps renferme un liquide nourricier, ce liquide, quel qu'en soit le siège et la source, a pour attribut caractéristique la présence de globules blancs, dont le nombre peut varier, du reste, extrêmement d'une tribu et même d'une espèce à l'autre.

Le réactif à mettre en usage pour l'étude des globules blancs chez les vers est l'acide acétique au 50me, qu'on pourra étendre un peu plus ou un peu moins si on le juge convenable. Mais à ce degré d'atténuation il donne d'ex-

(1) Blanchard, *Sur l'organisation des vers* (*Annales des sc. nat.*, 3e série, t. XII, 1849, p. 22).

cellents résultats et met en évidence presque immédiatement les globules en montrant leurs trois parties constituantes (1).

§ 2. — Éléments figurés du sang des insectes

Les insectes sont pourvus d'un appareil dans lequel le sang se meut circulairement. Cet appareil circulatoire comprend : 1° Une partie centrale et médiane, de nature musculaire, située sur la face dorsale de l'abdomen, et jouant le rôle d'organe moteur ; 2° un tube, médian aussi, qui s'étend de cet organe vers l'extrémité céphalique où il se termine, tantôt par un orifice unique, et tantôt par deux ou plusieurs orifices ; 3° un système de lacunes interorganiques, disposées de manière à former deux courants latéraux dans lesquels viennent se déverser un grand nombre de courants secondaires. Ces courants, qui proviennent des membres et de la trame des viscères, se dirigent d'avant en arrière ; ils ramènent le sang dans le cœur qui lui imprime une nouvelle impulsion, en sorte que le liquide nourricier se meut comme chez les vertébrés, dans une direction constante.

A Malpighi et Swammerdam revient le mérite d'avoir signalé, vers la fin du dix-septième siècle, l'agent principal de cette circulation, sur des larves d'insectes assez transparentes pour laisser voir les pulsations dont il est agité, et l'aorte qui part de son extrémité antérieure. Beaucoup plus tard, en 1827, Carus, en fixant son attention sur des larves d'éphémères, aperçut les courants qui cheminent d'avant en arrière dans les interstices des viscères et de leurs parties constituantes, et qui ramènent le liquide nourricier à son point de départ. Dès lors la voie était ouverte. De nombreux naturalistes voulurent explorer cet appareil, si semblable à celui des vertébrés par la marche régulière du sang, si différent de ce dernier par l'absence presque complète de canaux conducteurs. Les uns, comme Straus-Durkheim, Newport, Verloren, Blanchart, Wagner, étudièrent plus spécialement le vaisseau dorsal, dont nous possédons aujourd'hui, grâce à leurs recherches, une notion à peu près complète. Les autres prirent pour sujet de leurs investigations les lacunes.

Cette circulation lacunaire, nous l'avons déjà rencontrée dans tout l'embranchement des vers, et nous la retrouverons dans les arachnides, les crus-

(1) Pl. I, fig. 5 et 6.

tacés et les mollusques. Dans les vers, à côté du système des lacunes se montrent de nombreux vaisseaux ramifiés, en partie indépendants et dépourvus de cœur; leur sang ne circule pas; il oscille tantôt dans une direction et tantôt dans une autre. Chez les insectes, au contraire, ce liquide parcourt un trajet circulaire. Leur appareil circulatoire est pourvu d'un cœur et d'une aorte; mais celle-ci se termine brusquement à l'entrée du système des lacunes; Leur appareil circulatoire est donc très incomplet, puisqu'il n'est représenté en définitive que par le cœur et le tronc aortique. Dans les arachnides, les divisions artérielles apparaissent. Dans les crustacés, les gros veineux se développent, en même temps que le système des lacunes se raccourcit pour ainsi dire et perd peu à peu son importance primitive. Chez les mollusques, l'aorte se prolonge par ses ramifications dans tous les organes, et des troncs veineux, mieux caractérisés, viennent s'aboucher dans le cœur; les vaisseaux capillaires seuls sont encore représentés par des lacunes. En parcourant ces lacunes le sang ne se trouve du reste nulle part en contact immédiat avec les organes; M. Legros a constaté sur les parois de tous les espaces lacunaires la présence d'une couche épithéliale continue, qui a été vue également par M. Ch. Robin, et qui les porte l'un et l'autre à considérer ces espaces comme des capillaires très largement dilatés (1). Mais ces capillaires se présentant ici dans des conditions toutes spéciales, il convient de leur appliquer une dénomination qui les distingue des capillaires ordinaires; le nom de lacunes aujourd'hui généralement accepté me paraît bien répondre à cette nécessité.

Le grand appareil de la circulation se développe donc graduellement à mesure qu'on remonte la série zoologique; et pendant qu'il se perfectionne, le système lacunaire se réduit de plus en plus, mais ne disparaît entièrement qu'en passant des mollusques aux vertébrés. Si au lieu de le suivre dans ses perfectionnements successifs, on descend l'échelle animale, c'est un spectacle inverse qui se présente aux yeux de l'observateur; on dit alors que l'appareil circulatoire se dégrade. Une large solution de continuité semble se montrer d'abord entre les artères et les veines : c'est le système capillaire qui se trouve remplacé par des lacunes. Puis les divisions artérielles diminuent de

(1) Legros, *Note sur l'épithélium des vaisseaux sanguins* (*Journ. de l'anat. et de la phys.*, 1868, p. 282).

nombre et de longueur, ainsi que les veines, et le système lacunaire s'agrandit à leurs dépens; il continue de croître ainsi en importance jusqu'aux insectes, chez lesquels l'appareil circulatoire descend à sa plus simple expression.

Telles sont les conclusions qui découlent de l'observation attentive des faits. Elles sont aujourd'hui généralement admises. Mais elles ont été longtemps contestées, et le sont encore par quelques anatomistes éminents. En passant de l'homme et des vertébrés aux animaux inférieurs, la différence est si grande, si étrange même au premier aspect, qu'il devient presque nécessaire, pour voir les faits dans toute leur réalité, d'oublier ce qu'on a vu sur des organismes plus parfaits. Dans mes recherches sur l'appareil circulatoire des insectes et des autres invertébrés, j'ai dû faire un semblable retour sur moi-même, et j'ai pu reconnaître que cet appareil se dégrade en effet. Il est aujourd'hui bien démontré que sa dégradation s'accuse d'abord par la substitution des lacunes aux capillaires généraux; à un degré plus avancé les lacunes prennent aussi la place des veines; chez les insectes, elles se substituent en outre à toutes les divisions artérielles; le cœur et l'aorte échappent seuls à la ruine presque totale de l'appareil. Des efforts considérables ont été nécessaires pour suivre pas à pas cette dégradation successive. En prenant connaissance des travaux, si nombreux et si remarquables pour la plupart, des zoologistes modernes sur cette branche de la science, j'ai pu admirer souvent leur rare sagacité à laquelle je m'empresse de rendre hommage. Cet hommage, je l'adresse plus particulièrement à M. Milne-Edwards, qui a pris la direction du progrès, puis à M. Blanchart, à M. de Quatrefages, à M. Lacaze-Duthiers auxquels la science est redevable de tant de découvertes importantes, et aussi à MM. Verloren, Bowerbanck, Tyrrel et tant d'autres, dont les recherches sont si honorablement connues.

Mais il était important de savoir si l'appareil de la circulation, en se dégradant, entraîne une dégradation correspondante dans la constitution du fluide nourricier. Ce liquide se dégrade-t-il? Les éléments figurés qu'il tient en suspension subissent-ils quelques modifications notables lorsqu'ils cessent de circuler dans des tubes conducteurs? Considérée sous ce point de vue la science est beaucoup moins avancée. Les parties contenantes de l'appareil ont absorbé presque exclusivement l'attention des auteurs. Les parties contenues n'ont obtenu de leur part qu'une courte mention; ils les passent sous

silence le plus souvent, ou ne leur consacrent que quelques rares détails, insuffisants pour répondre à la question qui vient d'être posée.

Nos connaissances sur les éléments figurés du sang chez les animaux dont l'appareil circulatoire est plus ou moins dégradé n'étant pas au niveau de celles que nous possédons actuellement sur ce grand appareil, j'ai cru devoir reprendre leur étude et je me suis plus spécialement attaché à reconnaître leur conformation et leur mode de constitution. Mes recherches ont porté sur un très grand nombre d'insectes. Le liquide nourricier pénétrant dans chaque patte, il convient, pour multiplier les observations, d'exciser successivement toutes les pattes à leur base; en les pressant légèrement on en fait sortir une gouttelette de liquide qui s'étale sur le porte-objet. A celle-ci on ajoute une goutte d'acide acétique au 150e ou au 200e. Aussitôt les globules blancs se montrent dans tous leurs détails. Ils sont nombreux et de volume extrêmement inégal; on en voit de très petits, de moyens, de plus volumineux. Les plus gros se distinguent en général par leur forme arrondie et leur aspect framboisé. Parmi les moyens quelques-uns sont allongés, ovoïdes ou elliptiques. Les petits sont remarquables, dans certaines espèces, mais particulièrement chez le hanneton, par leur extrême multiplicité et leur configuration sphérique.

Lorsqu'on les observe sur le vivant, leur forme ne diffère pas autant. Chez l'adulte, on peut les voir par transparence dans les élytres, où ils forment des courants anastomosés, et on constate qu'ils sont assez régulièrement sphériques pour la plupart.

Après avoir incisé les pattes, on coupe la tête à son union avec le thorax; l'aorte, perpendiculairement divisée, laisse échapper encore de nombreux globules qui permettent de continuer l'observation.

Considérés dans leur constitution, tous ces globules se montrent composés d'une enveloppe, d'un protoplasma et d'un noyau. Ils ne diffèrent pas de ceux que nous avons rencontrés sur les vers. Ces trois éléments, sous l'influence de l'acide acétique, se voient bien et presque immédiatement (1).

De ce fait il résulte que si l'appareil circulatoire arrive chez les insectes à une extrême dégradation, il n'en est pas de même du liquide nourricier qui conserve au contraire tous ses attributs essentiels. L'appareil se dégrade ana-

(1) Pl. I, fig. 1, 2, 3.

tomiquement; il ne se dégrade pas au point de vue physiologique; et, comme le contenu prime ici le contenant par sa plus haute importance, peut-être pourrait-on dire que la dégradation en définitive est plus apparente que réelle.

§ 3. — Éléments figurés du sang des arachnides

La classe des arachnides comprend trois principaux ordres : les arachnides trachéennes, les arachnides pourvues à la fois de trachées et de poumons, et les arachnides pulmonaires.

Les premières recherches sur l'appareil circulatoire de ces articulés remontent à 1812; elles sont dues à Treviranus. Audouin et Dugés en 1836 ajoutèrent à ses observations un grand nombre de faits nouveaux. Newport, en 1843, publia sur le même sujet un travail qui fut accepté aussi comme une œuvre de progrès. Mais c'est à M. E. Blanchart que la science est redevable de ses plus importantes acquisitions sur la composition de cet appareil (1). De longues études sur l'appareil circulatoire des insectes l'avaient préparé à explorer celui des arachnides. Sa description est la plus complète que nous possédions; je lui emprunte les détails qui suivent.

Chez les arachnides trachéennes, l'appareil de la circulation est représenté, comme chez les insectes, par un cœur occupant la face dorsale de l'abdomen, et par une aorte horizontalement dirigée aussi d'arrière en avant. Mais celle-ci, au lieu de s'ouvrir brusquement dans les espaces lacunaires, se termine par quelques ramifications déliées, lesquelles se répandent dans la tête et sur l'œsophage. Deux ou trois ramuscules semblables naissent à droite et à gauche de la portion antérieure du cœur et se perdent sur les parois de l'estomac. A ces divisions succèdent des lacunes qui remplacent les capillaires et les veines. Ainsi constitué, cet appareil diffère à peine de celui des insectes. Cependant il est un peu moins imparfait; les divisions artérielles apparaissent, très rares il est vrai et extrêmement déliées.

Dans les arachnides qui respirent à la fois par des trachées et des poumons, on remarque sur la base de l'abdomen quatre orifices : deux anté-

(1) Blanchart, *De l'appareil circulatoire et des organes de la respiration dans les arachnides* (*Annales des sc. nat.*, 3e série. *Zoologie*, t. XII, 1849, p. 317).

rieurs qui représentent l'entrée des poches pulmonaires, et deux postérieurs qui répondent aux trachées. Mais celles-ci ne ressemblent pas aux trachées des insectes. Elles sont précédées par une sorte de sac dont la membrane interne seule se continue avec les bords de l'orifice ; la membrane externe reste séparée de la précédente, en sorte qu'il existe entre elles un espace membranulaire communiquant avec les espaces lacunaires, et dans lequel le fluide nourricier pénètre pour suivre ensuite le tube trachéen et toutes ses divisions. De ce sac très analogue aux sacs pulmonaires, partent les trachées proprement dites ; on peut le considérer par conséquent, avec M. Blanchart, comme un organe intermédiaire entre les poches pulmonaires et les trachées, établissant la transition des unes aux autres, ou mieux encore comme une sorte de poumon prolongé et ramifié. L'appareil de la circulation rappelle celui des arachnides trachéennes en réalisant toutefois de nouveaux perfectionnements. L'aorte se termine par des branches plus nombreuses et moins déliées. De chacun des poumons naissent des canaux qui ramènent le sang vers le cœur et qui sont les analogues des veines pulmonaires des oiseaux et des mammifères. Mais des divisions de l'aorte jusqu'aux poumons, le liquide nourricier chemine dans des lacunes qui remplacent les capillaires et les veines proprement dites.

Chez les arachnides pulmonaires l'appareil circulatoire est notablement plus développé que dans les précédentes. Le cœur allongé encore en forme de vaisseau est formé de huit ventricules linéairement disposés, unis entre eux et communiquant par des orifices munis de valvules. Il émet, en avant l'aorte céphalique, en arrière l'aorte caudale, qui semblent l'une et l'autre en être le prolongement, et de chaque côté autant d'artérioles qu'il existe de ventricules. L'aorte antérieure abandonne des divisions chevelues à chacun des organes du thorax et de la tête. Elle se recourbe ensuite pour cheminer d'avant en arrière en se plaçant au-dessus de la chaîne nerveuse ganglionnaire, et distribue alors d'autres ramuscules aux organes situés sur son trajet. L'aorte postérieure ou caudale, beaucoup plus grêle, fournit des divisions qui se perdent sur les parois de l'intestin. Les branches nées des parties latérales du cœur se ramifient dans le foie. Le système artériel se trouve donc ici complètement développé. Mais il n'en est pas ainsi des capillaires et des veines. En sortant des dernières ramifications des artérielles, le sang tombe dans les lacunes qui le transmettent aux poumons, les-

quels sont creusés eux-mêmes de simples espaces lacunaires. De ces organes il passe dans les troncs pulmono-cardiaques ou *veines pulmonaires* qui le versent dans les ventricules du cœur.

En remontant des insectes aux arachnides trachéennes, de celles-ci aux arachnides pulmono-trachéennes, et de ces dernières aux arachnides pulmonaires, on voit donc les appareils de la respiration et de la circulation se perfectionner de plus en plus et parallèlement. Ce fait général a particulièrement fixé l'attention de M. Blanchart, qui en a fait ressortir toute l'importance. Chez les insectes où l'appareil de la respiration n'est pas encore centralisé, l'appareil de la circulation reste rudimentaire. Chez les arachnides, qui respirent aussi par des trachées, cet appareil se montre également très dégradé, bien qu'il le soit un peu moins. Chez les arachnides, pourvus à la fois de poumons et de trachées, l'un de ces appareils commençant à se centraliser, l'autre se perfectionne aussi. Enfin, chez les arachnides où cette centralisation se réalise, l'appareil de la circulation possède non seulement un organe central, mais un système artériel complet et des veines pulmonaires.

Pendant que ces perfectionnements se produisent, que se passe-t-il du côté du liquide nourricier? Nous avons déjà reconnu qu'en s'élevant des vers aux insectes, il ne se modifie pas. Si l'on remonte la série des arachnides, c'est encore le même fait qu'on constate. Dans les vers, les éléments figurés de ce liquide ne reçoivent aucune impulsion régulière, ils oscillent, ils flottent au hasard; néanmoins ils sont déjà en possession de tous les attributs qui les caractérisent. Chez les insectes, les globules se meuvent dans une direction circulaire et assez rapidement; leurs attributs cependant ne subissent nulle modification. Dans les arachnides pulmonaires, ces mêmes globules sont transmis à la trame des organes par des tubes très ramifiés; ils conservent néanmoins des caractères identiques; ce qui se passe du côté des conduits destinés à régulariser leur cours, les laisse donc indifférents.

Nous ne possédons sur ces éléments figurés que très peu de notions et c'est encore dans le travail de M. E. Blanchart qu'on les trouve. Cet auteur s'exprime ainsi : « Chez les arachnides, le fluide nourricier est abondant. » L'examen microscopique nous le montre comme assez riche en globules, » mais infiniment moins cependant que celui des insectes .... J'ai exa-

» miné ces globules chez l'Épeire et chez le Tégenaire; ils ne présentent » aucune différence bien appréciable; ce sont toujours de petits corps » arrondis, inégaux sur leurs bords et d'apparence framboisée; ils n'offrent » pas de nucleus distinct; ils sont formés d'un grand nombre de cellules » entassées les unes contre les autres. Ces corpuscules ont un diamètre de » 1/100e à 1/150e de millimètre. Mais on en observe de plus petits, de plus » irréguliers, les uns d'une forme un peu allongée, les autres d'une forme » mal définie : ce sont des globules en voie de formation (1). »

Quelques années plus tard, le même auteur, dans son *Organisation du règne animal*, revient sur le même sujet, sans ajouter aucun détail nouveau à ceux qui précèdent : « Nous eussions, dit-il, vivement désiré connaître d'une manière plus exacte la composition du sang chez le scorpion; mais la difficulté d'obtenir ce liquide en quantité assez considérable pour le soumettre à une analyse sérieuse s'est trouvée un obstacle (2). »

M. Blanchart avait donc constaté déjà l'inégalité de volume des globules du sang chez les arachnides et leurs variétés de forme. Mais leur constitution lui était restée inconnue, de même qu'à ses prédécesseurs. L'observation m'a permis de combler cette lacune.

Je n'ai eu à ma disposition que quelques rares arachnides trachéennes et pulmono-trachéennes. Mais j'ai pu observer très complètement le sang des arachnides pulmonaires, et surtout celui des araignées domestiques. Tout récemment encore j'en ai reçu une douzaine. Dans ce nombre il y en avait de petites, de moyennes, et deux très volumineuses. Fort occupé au moment où elles me furent remises, j'attendis deux jours pour soumettre leur sang à l'examen microscopique. Déjà neuf d'entre elles étaient mortes victimes de la voracité des plus grosses. Comme sur les trois survivantes il en restait une de volume moyen, incapable de se défendre, je jugeais prudent d'en tirer parti aussitôt, laissant les deux dernières, de dimensions presque égales, en présence et comptant bien les retrouver intactes le lendemain. Mais la plus faible avait succombé sous les attaques de la plus volumineuse. Nourrie du sang de toutes les autres, celle-ci contenait une grande abondance d'éléments figurés. Chacune de ses huit pattes me permit de faire plusieurs

(1) E. Blanchart, *De l'appareil circulatoire et des organes de la respiration dans les arachnides* (*Annales des sc. nat.*, 3e série, t. XII, 1849, p. 351).

(2) E. Blanchart, *Organisation du règne animal*, p. 94 et 95.

préparations. Divisant ensuite l'aorte céphalique perpendiculairement, j'en récoltais encore une notable proportion à plusieurs reprises.

Je traitais tous ces globules par l'acide acétique au 200e; et je les examinais, comme ceux dont j'ai déjà parlé et comme tous ceux dont je parlerai ultérieurement, à un grossissement de 400 diamètres (objectif 5 et oculaire 2 de Nachet).

Ces globules d'arachnides pulmonaires et trachéennes sont de volume très inégal. La plupart se rapprochent beaucoup de la forme sphérique. Mais parmi ces globules arrondis on rencontre aussi fréquemment des globules allongés, ovoïdes, mousses ou elliptiques, ou effilés à leurs extrémités. Dans une même préparation on observe des globules framboisés de diverses grosseurs, dont le noyau est tantôt apparent et tantôt voilé par les granulations, et d'autres globules plus nombreux dont le protoplasma est clair et finement granulé. Dans tous j'ai constamment retrouvé les trois parties constituantes des globules blancs. En renouvelant ou prolongeant l'action de l'acide acétique, je mettais en évidence le noyau d'abord invisible des globules framboisés (1).

Dans les trois classes que nous venons de passer en revue, les vers, les insectes et les arachnides, les éléments figurés du sang se présentent donc avec des caractères identiques. Leur nombre, leur volume, leur mode de configuration, leur aspect, tous leurs attributs extérieurs en un mot, se modifient beaucoup et presque incessamment. Mais leurs attributs essentiels, ceux en d'autres termes qui dérivent de leur constitution, ne se modifient pas; autant les premiers sont remarquables par leur variabilité, autant les seconds se distinguent par leur fixité.

§ 4. — Éléments figurés du sang des crustacés

Chez les crustacés inférieurs, les Branchiopodes, les Entomostracés et les Siphonostomes, l'appareil de la circulation se montre encore très incomplet. Mais dans les crustacés supérieurs ou décapodes, dont les Écrevisses, les Crabes, les Homards et les Langoustes sont les principaux représentants, cet appareil réalise de nouveaux perfectionnements. Le cœur, qui, chez les insectes

(1) Pl. I, fig. 4.

et les arachnides offrait une configuration fusiforme, et qui se composait d'une série linéaire de ventricules communiquant tous entre eux, est représenté chez ces articulés par un ventricule unique. Le système artériel se termine dans les divers organes par des divisions extrêmement déliées. Le sang veineux sur la périphérie des branchies est recueilli par des veines qui vont se ramifier dans leur épaisseur; et après avoir été soumis au contact de l'air, il est transporté par d'autres veines ou *canaux branchio-cardiaques*, dans la chambre péricardique, de laquelle il passe dans la cavité ventriculaire. Celle-ci possède deux ordres de valvules : les unes, qui s'opposent au reflux du sang dans le péricarde, les autres qui ne permettent pas à ce liquide, lorsqu'il a été projeté dans les artères, de rentrer dans le cœur.

L'appareil de la circulation chez les décapodes arrive donc à un remarquable développement; il tend à se compléter. Mais les veines font encore défaut; elles n'apparaissent qu'autour des organes de la respiration pour recevoir le sang des lacunes et le répandre par leurs divisions et subdivisions dans ces organes. Ce qui distingue l'appareil de l'irrigation chez les crustacés supérieurs, c'est donc l'apparition de ces premières veines; mais c'est surtout la substitution d'un ventricule unique aux ventricules multiples des autres articulés : perfectionnement qui accuse une tendance plus grande à la centralisation des forces et qui le rapproche de celui des vertébrés.

Ainsi, chez les crustacés supérieurs, le sang, en sortant du ventricule, est distribué par des artères très ramifiées à tous les organes de l'économie; il chemine ensuite dans des lacunes; puis passe de ces lacunes dans des canaux veineux pour se répandre dans les branchies et revient de celles-ci par d'autres veines dans le cœur qui le projette de nouveau du centre vers la périphérie.

Nous avons constaté, avec tous les auteurs, que l'appareil dans lequel circule le fluide nourricier est plus avancé dans son développement chez les décapodes que chez les arachnides et les insectes; voyons ce que deviennent dans cette classe les éléments figurés du sang. Leur étude est facile : car ils sont à la fois très abondants et très volumineux. Pour les recueillir, on coupe successivement les dix pattes du crustacé; en pressant celles-ci de leur extrémité libre vers la surface de section, une goutte de sang s'en échappe. Ces appendices utilisés, il reste encore dans le corps de l'animal une notable proportion de liquide nourricier; en excisant l'extrémité terminale de la queue, il

s'écoule par l'aorte abdominale supérieure qui en donne trois ou quatre grosses gouttes, chez l'écrevisse. Dans chaque goutte flottent en abondance des globules blancs.

Ces globules doivent être examinés d'abord en l'absence de tout réactif, c'est-à-dire dans le plasma qui les tient en suspension. Un simple coup d'œil suffira pour constater combien ils varient de volume et de forme. Bien qu'ils soient généralement remarquables par leurs grandes dimensions, on peut en distinguer de moyens, de petits et même de très petits. Beaucoup sont sphériques; d'autres allongés et fusiformes, piriformes ou arciformes, etc., presque tous présentent l'aspect framboisé. Les grosses granulations ou sphérules creuses qui leur donnent cet aspect remplissent tantôt toute leur cavité et tantôt en partie seulement; le plus souvent, le noyau est invisible dans ces conditions ou n'apparaît que vaguement.

Pendant qu'on observe ces globules, on voit dans le court espace d'une minute des prolongements sarcoïdes partir de leur périphérie. Quelquefois c'est sur un point seulement qu'ils se montrent, ou sur deux points opposés; le plus ordinairement ils naissent de tout leur contour, et affectent ces formes si étranges et si capricieuses qui ont été mentionnées par tous les auteurs.

Cette première étude ne donne que des résultats incomplets et ne nous apprend presque rien sur leur structure. Elle ne nous renseigne même qu'imparfaitement sur leurs attributs extérieurs. Cependant elle nous apprend que les éléments figurés flottent dans le liquide nourricier à l'état de globules framboisés; c'est sous cet aspect qu'ils ont été vus et signalés par la plupart des zoologistes. Pour juger de leur composition, il faut faire appel aux réactifs. L'acide acétique au 150e permettra d'atteindre ce but. Il dissout en partie les grosses granulations du protoplasma et met presque aussitôt et très nettement en évidence leurs trois parties constituantes. On peut, du reste, étendre le réactif plus ou moins. Au 25e, 40e, 50e, il donne très souvent d'excellents résultats; au 200e, 300e et 400e, il est parfois utile aussi.

Dans la plupart des globules, l'enveloppe et le protoplasma sont très manifestes. Le noyau, qui d'abord disparaît sous les granulations, ne tarde pas à dessiner son contour, puis se dégage clairement; les globules étant nombreux et généralement très gros, on pourra, après les avoir soumis à l'action de l'acide acétique, constater la situation périphérique qu'il occupe. Nous savons déjà que, pour cette étude délicate, il faut imprimer aux éléments figurés

un mouvement de rotation lente, qu'on réussit à produire après quelques essais; quelquefois une légère pression, portant sur le bord de la lamelle, suffit pour amener sous les yeux de l'observateur un globule qui vient de se déplacer en tournant autour de son axe.

Les globules blancs du sang des crustacés ne diffèrent donc, en définitive, de ceux des arachnides, des insectes et des vers, que par leurs dimensions plus grandes, par leur forme plus variée et par leur aspect plus nettement framboisé. Mais leur structure ne s'est pas modifiée; elle reste ce qu'elle était. Ils sont composés des mêmes éléments, semblablement disposés dans chacun d'eux. Les perfectionnements apportés à l'appareil dans lequel il circule demeurent également sans aucune influence sur leurs attributs caractéristiques, c'est-à-dire sur les parties qui les constituent, sur les connexions de celles-ci, sur leur nature, sur leurs propriétés.

§ 5. — Éléments figurés du sang des mollusques

La classe des Mollusques ou Malacozoaires comprend les Acéphales subdivisés en Brachiopodes et Lamellibranches, et les Céphalés représentés par les Gastéropodes et les Céphalopodes. En s'élevant de la première à la seconde tribu, puis de celle-ci à la troisième et à la quatrième, on voit l'appareil de la circulation se compléter de plus en plus, de telle sorte que chez les Céphalopodes placés à la tête des animaux sans vertèbres, il se rapproche déjà beaucoup de celui des animaux vertébrés. Ces perfectionnements, toutefois, ne se superposent pas en série régulière. La nature, dans ses créations, procède assez souvent par saccades, reculant quelquefois, mais rentrant bientôt dans la voie du progrès qu'elle poursuit, en définitive, malgré ses écarts momentanés.

C'est ainsi que chez le Dentale, mollusque acéphale, qu'on ne peut ranger ni parmi les Brachiopodes, ni parmi les Lamellibranches, le cœur fait défaut. Son appareil circulatoire descend au-dessous de celui des insectes, et même au-dessous de celui des Tuniciers, qui possèdent aussi un cœur, mais dépourvu de valvules, et chez lesquels le liquide nourricier projeté pendant quelques instants dans une direction, et ensuite dans une direction contraire, est animé d'un simple mouvement d'oscillation. Dans ses belles recherches sur l'organisation et le développement du Dentale, M. Lacaze-Duthiers a découvert cependant, chez ce mollusque, un agent d'impulsion emprunté au tube

digestif, et représenté par le rectum, qui se dilate et se contracte tour à tour pour aspirer et rejeter l'eau nécessaire à la respiration. Autour du rectum se trouve un réservoir sanguin, le sinus peri-anal, lequel diminue de capacité lorsque le rectum se dilate, et se dilate, au contraire, lorsqu'il se resserre ; de là une impulsion communiquée au sang, puis transmise de proche en proche à toute la masse du liquide nourricier, et la production d'un courant dirigé du sommet vers la base de la coquille (1). Chez les Dentales, l'appareil de la circulation est donc extrêmement dégradé, ainsi que celui de la respiration : « Quelques vaisseaux, plusieurs grands sinus sanguins, des lacunes dans le reste de l'économie, tel est cet appareil (2). Un autre caractère vient encore attester sa dégradation : c'est l'existence de deux orifices en forme de boutonnière, établissant une communication entre le sinus péri-anal et le milieu ambiant, communication qu'on observe également chez les invertébrés les plus inférieurs. Cet orifice permet à l'eau de pénétrer dans l'appareil irrigatoire, et au sang d'en sortir (3).

Dans tous les autres mollusques, non seulement le ventricule existe, mais à celui-ci vient s'ajouter une oreillette. Cette seconde cavité contractile ne se rencontre, en effet, ni chez les insectes, ni chez les arachnides, ni chez les crustacés ; celle qui entoure le ventricule de ces articulés ést un simple sac séreux, c'est-à-dire un péricarde.

Chez les Brachiopodes il existe deux cœurs indépendants composés chacun d'une oreillette et d'un ventricule ; de celui-ci part une aorte qui se ramifie et qui transmet le sang à des lacunes, lesquelles le ramènent aux oreillettes.

Dans un Lamellibranche, l'Arche de Noé, on remarque la même disposition. Mais les deux aortes se confondent à leur sortie des ventricules. Chez les autres mollusques du même ordre, la fusion est portée plus loin : les deux ventricules s'unissent en se prolongeant au-dessus et au-dessous du rectum qu'ils entourent (4). De chaque côté du ventricule se voit une oreillette. Chez les huîtres, les deux oreillettes, jusqu'alors séparées par le ventricule, se rapprochent à leur tour en se plaçant au-dessus et en arrière de celui-ci, et se réunissent aussi au niveau de leur continuité avec la cavité ventriculaire.

(1) Lacaze-Duthiers, *Histoire de l'organisation et du développement du Dentale* (*Annales des sc. nat.*, 4[e] série, 1857), t. VII, p. 48.

(2) Lacaze-Duthiers, *opere citato*, p. 28.

(3) Lacaze-Duthiers, *opere citato*, p. 6.

(4) Milne-Edwards, *Leçons sur la phys. et l'anat. comparée*, t. III, p. 105.

Le cœur, dans tous les Lamellibranches, est entouré d'un péricarde. Il donne naissance à deux aortes, l'une antérieure, l'autre postérieure, remarquables toutes les deux par leurs nombreuses divisions et subdivisions. La portion veineuse du système irrigatoire, très analogue à celle des Tuniciers et des Dentales, est constituée aussi par des lacunes ou espaces inter-organiques (1).

Dans les Lamellibranches apparaissent deux glandes symétriquement placées de chaque côté du sinus péri-anal, et s'ouvrant aussi au dehors : ce sont les *organes de Bojanus* que cet anatomiste avait pris pour des poumons. M. Lacaze-Duthiers les considère comme des organes dépurateurs analogues aux reins (2). Cette opinion n'est plus contestée aujourd'hui. Les deux reins des mollusques se comportent, à l'égard des courants veineux, comme ceux des poissons. La plupart de ces courants vont se ramifier dans leur épaisseur, et, de ceux-ci, partent d'autres courants de plus en plus volumineux et de moins en moins nombreux dont les divisions se répandent dans les branchies. Avec l'apparition des reins coïncide donc celle de la veine porte rénale. Des branchies naissent de véritables veines, les *troncs branchio-cardiaques*, qui vont s'ouvrir dans les oreillettes. Ainsi se trouve complété le cercle circulatoire. Tout le sang veineux cependant ne traverse pas les reins ; une portion moins considérable du liquide nourricier se rend directement aux branchies, et subit, comme celui de la veine porte rénale, l'influence de l'hématose. Une troisième portion, provenant du manteau, se déverse dans les troncs branchio-cardiaques, en sorte que l'oreillette reçoit à la fois du sang artériel et du sang veineux ; mais ce dernier en minime quantité.

En résumé, dans les mollusques Acéphales il existe, au bas de l'échelle, deux cœurs et deux systèmes artériels. Bientôt ces deux systèmes se fusionnent ; puis les deux ventricules sont ramenés aussi à l'unité ; et enfin les deux oreillettes s'unissent à leur tour. En même temps se montrent les reins et la veine porte rénale. Les vaisseaux afférents et efférents des branchies sont de véritables veines. Mais entre ces veines et les dernières divisions des artères, le sang chemine dans des espaces lacunaires inter-organiques. Ce qui caractérise ici

(1) Milne Edwards, *Leçons sur la phys. et l'anat. comparée*, t. III, p. 116,

(2) Lacaze-Duthiers, *De l'organisation et du développement du Dentale*, 2e partie (*Annales des sc. nat.*, t. VII, 4e série, 1857, p. 193).

spécialement la marche progressive de la nature dans ses perfectionnements, c'est l'addition d'une véritable oreillette au ventricule, et la centralisation complète des forces qui président à la circulation.

Dans la classe des Gastéropodes, même les plus inférieurs, on ne rencontre jamais deux cœurs situés sur les côtés du corps, mais toujours un cœur unique. Chez les Ormiers ou Haliotides, il existe deux oreillettes placées symétriquement sur les parties latérales du ventricule qui traverse le rectum. Le système artériel ne s'est pas encore constitué sous la forme de tubes membraneux; c'est par l'intermédiaire des lacunes ou espaces inter-organiques que s'effectue la distribution du sang (1). Les Patelles ressemblent aux Haliotides par l'état de dégradation de leur système artériel; leur aorte est même plus incomplète encore, car, presque aussitôt après sa naissance, elle perd le caractère vasculaire. Dans le même groupe se rangent aussi les Oscabrions et les Hétéropodes, dont les artères sont cependant un peu moins imparfaites (2).

Chez la plupart des autres Gastéropodes, le cœur se compose d'une oreillette et d'un ventricule; il est entouré d'un péricarde et possède des valvules auriculo-ventriculaires et aortiques. Le système artériel, très complet, se termine par des ramifications déliées qui se perdent dans les divers organes. Le sang, ainsi que l'a démontré M. Milne-Edwards dans ses très nombreuses recherches, s'épanche dans les lacunes inter-organiques, puis il est ramené par des veines dans les poumons. De ceux-ci naissent d'autres veines, les *troncs pulmono-cardiaques*, qui le transmettent à l'oreillette. Sur quelques points, le système lacunaire tend même à se canaliser, c'est-à-dire à se transformer en tubes à parois indépendantes des organes voisins. Ainsi, MM. Hancock et Embleton ont observé chez les Doris, dans le foie, un ensemble de veines bien constituées qui conduisent le sang de cet organe aux branchies.

L'appareil de la circulation, dans la classe des Gastéropodes, est donc moins imparfait que chez les Acéphales. Cependant, tout le sang veineux ne traverse pas encore l'appareil respiratoire; une portion de ce liquide se déverse directement dans les troncs branchio ou pulmono-cardiaques, ou bien dans l'oreillette.

Les Céphalopodes ne diffèrent essentiellement des Gastéropodes que par la présence d'un cœur sur chacun des troncs qui portent le sang dans l'appa-

(1) Milne Edwards, *Leçons sur la phys. et l'anat. comparée*, t. III, 1858, p. 134.
(2) Milne Edwards, *loc. cit.*, p. 136.

reil respiratoire. Au cœur aortique ou artériel des autres invertébrés viennent se joindre, chez eux, deux cœurs veineux. Le premier projette le liquide nourricier dans toutes les parties du corps, les seconds le projettent dans les organes de l'hématose. C'est la disposition qu'on retrouve chez les vertébrés supérieurs, avec cette différence importante que, dans ces derniers, les cœurs artériel et veineux sont étroitement unis, tandis que, dans les Céphalopodes, ils restent séparés et répartis sur trois points différents de l'économie. Ajoutons que, dans cette classe de mollusques, la totalité du sang veineux passe à travers l'appareil respiratoire. En même temps que l'appareil de la circulation s'enrichit de deux nouvelles pompes foulantes, la respiration se complète. Beaucoup de lacunes sont remplacées par des veines ; d'autres sont en voie de transformation. « Mais chez aucun animal de cet ordre la substitution des vaisseaux sanguins aux espaces inter-organiques ne s'achève (1). »

Nous voici arrivés au sommet de l'échelle des invertébrés, et nous avons vu, en la montant, l'appareil de la circulation d'abord composé de pièces d'emprunt, ainsi que le fait remarquer M. Milne Edwards, se constituer peu à peu à l'aide de tubes conducteurs indépendants des organes voisins. Chez les représentants les plus élevés de ce grand embranchement, les forces qui président à la progression régulière du sang sont centralisées, et les conduits dans lesquels chemine ce liquide se montrent sur presque toute l'étendue de son parcours. Quelques espaces lacunaires, cependant, se voient encore entre l'extrémité terminale des artères et l'origine de certaines veines. Mais quelle différence entre cet appareil des invertébrés supérieurs et celui des Tuniciers et des insectes ! Chez les premiers, il est à peu près complet ; chez les seconds, il n'existe qu'à l'état de simple vestige.

Après avoir suivi cet appareil dans son évolution jusqu'au moment où il va se clore de toutes parts et atteindre son entier développement, reprenons, pour la dernière fois, notre parallèle entre les parties contenantes et les parties contenues. Les éléments figurés du liquide nourricier participent-ils, chez les Mollusques, au perfectionnement si notable de l'appareil ? Voyons-nous, chez eux, aux caractères que nous connaissions déjà, s'ajouter quelques caractères nouveaux ? Non. Ces éléments sont restés ce qu'ils étaient dans les classes moins

(1) Milne Edwards, *Leçons sur la phys. et l'anat. comparée*, t. III, 1858, p. 177.

élevées; tels ils se sont présentés à nous dans les Vers, les Insectes, les Crustacés et les Arachnides, tels nous les retrouvons chez les Gastéropodes. L'appareil circulatoire se constitue pièce à pièce dans l'individu et dans la série zoologique; les éléments figurés atteignent, dès leur apparition, la conformation qui leur est propre et leur constitution définitive; en naissant, ils se revêtent, pour ainsi dire, d'emblée de tous leurs attributs. Si l'appareil se perfectionne graduellement en remontant la série des invertébrés, c'est seulement pour mieux assurer la distribution du sang, pour le répartir plus égament entre toutes les parties et particules du corps, pour l'étaler en couches plus minces dans les organes de l'hématose et le mettre en rapport plus parfait avec l'air qui vient le vivifier. Il joue ainsi un rôle fort important, sans doute, mais purement mécanique. Qu'il soit peu ou très développé, son influence sur les éléments figurés du sang reste nulle.

Le liquide nourricier, chez les Mollusques, présente cependant quelques différences, selon qu'on le considère dans les Acéphales ou les Céphalés.

Le sang des mollusques acéphales, et surtout celui des Lamellibranches, se distingue particulièrement par le très grand nombre des globules blancs qu'il présente. Ces globules, vus dans le plasma qui les tient en suspension, revêtent, pour la plupart, une forme arrondie. Mais ils ne tardent pas à se déformer; des prolongements sarcodiques naissent de leur périphérie et leur communiquent bientôt les configurations les plus singulières et les plus variées. Si on les traite par l'acide acétique au 300e, ils se montrent sous l'aspect de petites sphères de diamètres très différents. Comparés à ceux des crustacés, leur volume est moins considérable néanmoins; il varie assez pour qu'on puisse aussi en admettre de gros, de moyens et de petits. J'ai quelquefois employé avec avantage une solution beaucoup plus faible, et atténuée jusqu'au 600e; mais alors l'action du réactif est moins rapide; ce n'est qu'au bout de quelques minutes qu'elle devient sensible. On voit, dans le champ de la préparation, des globules framboisés de grosseurs diverses dont le noyau peut être invisible, ou vaguement apparent, ou très manifeste. D'autres globules plus nombreux, d'aspect finement granuleux, se montrent, avec leurs trois éléments, de la manière la plus nette (1).

(1) Pl. II, fig. 8 et 9.

Après l'action de l'acide acétique, le noyau étant en pleine évidence, on pourra voir ses connexions intimes avec l'enveloppe, en imprimant aux globules une rotation lente. L'huître est particulièrement favorable à cette étude. Comme les éléments figurés existent en très grand nombre dans le liquide qui baigne ses branchies, on finit toujours par voir, dans quelques-uns, le noyau monter et descendre tour à tour. Après avoir reconnu une première fois la différence qu'il présente selon qu'il répond à l'hémisphère supérieur ou à l'hémisphère inférieur du globule, on arrivera à constater avec certitude sa situation périphérique, et on le retrouvera ensuite assez facilement dans toutes les autres classes en connexion semblable avec l'enveloppe (1).

Chez plusieurs Acéphales Lamellibranches, mais plus fréquemment chez les huîtres, j'ai rencontré, au milieu des éléments figurés, des animalcules offrant la forme d'un disque surmonté d'une sorte de visière demi-circulaire, de laquelle partent de longs cils vibratiles. Grâce à ces cils, ils sont agités de mouvements continus et très vifs. Quelquefois on observe, indépendamment de ces animalcules ciliés, de simples éléments vibratiles représentés par une espèce de gourde dont la petite extrémité porte un long cil. Parmi ces éléments, les uns restent isolés, les autres se groupent en une petite masse sphéroïdale, toutes les têtes se dirigeant vers le centre, et tous les cils répondant à la périphérie ; ceux-ci impriment à la masse commune des mouvements rotatoires. Sous l'influence du réactif, les éléments qui la composent se séparent, mais se rapprochent ensuite pour reconstituer l'agrégat dont ils faisaient partie. A ces divers parasites se mêlent parfois aussi des animalcules serpentiformes dont je n'ai pu déterminer l'espèce (2).

Chez les mollusques céphalés, le sang est beaucoup moins riche en éléments figurés. Nous trouvons ici une exception au fait général, exception qu'on n'observerait pas, il est vrai, suivant la plupart des auteurs ; car ils sont presque unanimes pour déclarer que les globules blancs existent en très grand nombre aussi dans le liquide nourricier des Gastéropodes. Mais cette opinion est bien manifestement basée sur des observations erronées ou insuffisantes. Lorsqu'on dépose sur le champ du microscope une goutte de sang provenant d'un Lamelli-

(1) Pl. II, fig. 10.
(2) Pl. II, fig. 11 et 12, A, B, C, D, F.

branche, ce qui frappe au premier coup d'œil c'est l'abondance de ces globules. Ils sont, au contraire, relativement rares lorsqu'ils proviennent d'un mollusque céphalé. Mais ce qu'ils perdent chez celui-ci du côté du nombre, ils le gagnent généralement en volume. Je les ai étudiés surtout chez l'Escargot et la Limace.

Pour les recueillir dans l'Escargot, il faut briser la coquille et dérouler le tortillon. On voit alors le cœur entouré de son péricarde. Le sac séreux ouvert, on lie l'aorte à sa sortie du ventricule, et on la divise au delà de la ligature. On saisit ensuite le tronc pulmono-cardiaque à son entrée dans l'oreillette, on l'incise de même entre la pince et le poumon, puis on dépose l'organe, ainsi isolé et plein de lymphe, sur une plaque de verre; le liquide alors s'épanche en nappe.

Le cœur, chez la Limace, est sous-jacent au manteau. Lorsque l'animal s'étale et rampe, il devient facile de le reconnaître à ses battements. On l'enlève en procédant, comme chez l'Escargot, et on soumet immédiatement les éléments figurés à l'examen microscopique. Vus dans le plasma du sang, ils donnent presque aussitôt naissance à des prolongements sarcodiques qui leur communiquent les formes les plus bizarres.

Sous l'influence de l'acide acétique, ils se distinguent en deux ordres : les globules framboisés et les globules finement granulés. Les premiers, de volume inégal, mais généralement assez volumineux, ne laissent pas entrevoir leur noyau, ou bien celui-ci est en partie caché par les granulations; dans quelques-uns, cependant, il est visible. L'action suffisamment prolongée du réactif finit toujours, du reste, par le mettre en évidence. Les seconds, ou globules finement granulés, sont beaucoup plus nombreux que les précédents. Leur protoplasma et leur noyau sont bien distincts. Le noyau est granulé, et son contour, de couleur sombre, en sorte qu'il se détache très nettement. Il est rarement segmenté ou en voie de segmentation; une rotation lente des globules permet de reconnaître sa situation périphérique.

L'acide acétique peut être employé a des degrés d'atténuation très différents, au 15e, 25e, 50e, et jusqu'au 300e et 400e. On prendra de préférence une solution au 150e, qui donne des résultats très satisfaisants.

Selon la plupart des observateurs, le sang des Gastéropodes différerait de celui des mollusques acéphales, et même de tous les autres invertébrés, par la présence d'une notable proportion de carbonate calcaire. Ainsi, d'après Moquin-

(1) Pl. II, fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Tandon « le sang des Céphalés est remarquable par la grande quantité de car-
» bonate calcaire qu'il renferme, ce qui est cause qu'il fait effervescence avec
» les acides (Carus). Le fluide sanguin de l'Helix Pomatia a donné à l'analyse
» du carbonate et du phosphate de chaux, du carbonate et du chlorhydrate
» de soude, de l'oxyde de fer et un peu d'oxyde de manganèse (Erman)(1). »
Mais ces sels calcaires ont pour siège spécial des globules occupant les parois des artères, globules qu'on rencontre aussi dans les parois du ventricule et de l'oreillette, et même dans les parois du manteau (2).

Ces globules sont innombrables, très régulièrement sphériques, de diamètres extrêmement divers. Ils forment de larges traînées unies entre elles. A la fois juxtaposés et superposés, ils constituent une couche presque continue qu'on pourrait considérer comme une tunique. Soumis à l'action des acides acétique, azotique, chlorhydrique, sulfurique, etc., même très étendus, ils se décomposent, et on voit alors apparaître de toute part des bulles de gaz qui ne cessent de se produire qu'après leur destruction. En immergeant le cœur et les artères quelques jours dans l'acide acétique au 100e, on peut très facilement distinguer tous ces milliers de globules et de globulins, et reconnaître aussi qu'ils sont situés dans l'épaisseur des parois vasculaires. En outre, on pourra constater que tout le système artériel, vu à l'œil nu, est d'un blanc laiteux; les artères qui vont se ramifier dans l'appareil de la digestion rappellent si bien alors l'aspect des chylifères, qu'en les apercevant pour la première fois, je croyais en effet avoir mis en évidence des vaisseaux de cette nature.

§ 6. — Considérations générales et conclusions

Nous avons vu en étudiant les caractères généraux des éléments figurés du sang, et nous verrons mieux encore en prenant connaissance des caractères particuliers de ces mêmes éléments dans les diverses classes de vertébrés, qu'ils présentent dans leur évolution deux phases très différentes : dans l'une ils existent à l'état de globules blancs, et dans l'autre à l'état de globules rouges. Mais ils ne parcourent ces deux périodes que chez les vertébrés. Chez les animaux sans vertèbres, ils ne dépassent pas la première. Bien que la division du

(1) Moquin-Tandon, *Hist. nat. des Mollusques*, 1855, t. I, p. 93.
(2) Pl. II, fig. 7.

règne animal en deux grands embranchements, établie sur l'absence des vertèbres chez l'un et sur leur existence chez l'autre, soit parfaitement fondée, on pourrait la baser aussi sur la donnée non moins fondamentale qui précède : l'embranchement inférieur serait représenté alors par l'ensemble des animaux chez lesquels les éléments figurés restent chez tous à l'état de globule blancs, c'est-à-dire à l'état de lymphe, et l'embranchement supérieur par ceux dans lesquels ils passent de la première à la seconde période de leur développement ou à l'état de sang proprement dit.

Le liquide nourricier des invertébrés est en effet une véritable lymphe ; et, si nous voulions laisser aux mots leur rigoureuse acception, il faudrait admettre également que leur appareil circulatoire est un système lymphatique ; car qu'est-ce qu'un système lymphatique, si ce n'est un ensemble de conduits contenant de la lymphe ? Beaucoup d'anatomistes ont entrepris de patientes études pour découvrir ces vaisseaux. J'avoue avoir cru aussi à la possibilité de leur existence, au moins chez les mollusques et les crustacés. Mais renonçons à ces vaines recherches. Ces vaisseaux sont découverts et aujourd'hui bien connus de tous les zoologistes. Il n'en existe pas d'autres. A quoi serviraient en effet d'autres vaisseaux contenant aussi de la lymphe ? Ils ne seraient que la répétitition ou la doublure de ceux que nous connaissons, et cette doublure n'a pas de raison d'être.

Je suis loin de vouloir contester cependant que l'appareil circulatoire des animaux sans vertèbres offre une frappante analogie avec celui des vertébrés ; je m'empresse même de reconnaître que, si on se borne à comparer les parties contenantes, on ne trouve de part et d'autre que des artères et des veines. Mais si on veut bien prendre aussi en considération les parties contenues, les vaisseaux des invertébrés iront se ranger parmi les vaisseaux lymphatiques : car ne tomberions-nous pas dans une certaine confusion en appelant artères et veines des conduits qui ne contiennent que de la lymphe.

Loin de moi, toutefois, la prétention de vouloir trancher une question aussi délicate, qui est d'ailleurs controversable, et à laquelle il convient peut-être de ne pas attacher une trop grande importance. En soulevant cette discussion, j'ai voulu surtout combattre une opinion que je considère comme erronée. Un assez grand nombre d'auteurs ne sont pas éloignés de penser qu'à l'appareil circulatoire des invertébrés se trouve peut-être annexé aussi un système lymphatique. La dénomination de vaisseaux sanguins appliqués aux canaux qui

composent cet appareil a beaucoup contribué à propager cette illusion. Mais actuellement, où il est surabondamment démontré que ces vaisseaux contiennent de la lymphe, qu'ils en contiennent constamment, et qu'ils ne contiennent jamais d'autre liquide, les explorateurs se montreront sans doute plus disposés à reconnaître que d'autres vaisseaux contenant encore de la lymphe seraient superflus ; ils auront dès lors moins de tendance à s'égarer dans leur poursuite ou à prendre pour des vaisseaux de cet ordre, ainsi que l'ont fait déjà quelques observateurs, de simples apparences.

Des considérations et de l'ensemble des faits précédemment exposés, découlent les conclusions suivantes :

I. Le liquide nourricier des invertébrés est une lymphe parfaitement caractérisée par les éléments figurés qu'elle contient ;

II. Ces éléments figurés sont des globules blancs composés de trois parties : un protoplasma, une enveloppe et un noyau situé dans un dédoublement de celle-ci, et périphérique par conséquent ;

III. Dès qu'ils ont pris naissance, ces globules se trouvent en possession de leurs trois parties constituantes ; les perfectionnements successifs de l'appareil dans lequel ils circulent ne les modifient pas ; ils sont aussi développés chez les animaux les plus dégradés que dans les classes supérieures, et par conséquent semblable dans toute la série zoologique ;

IV. Chez les animaux les plus dégradés ils occupent le sang cavitaire ; chez ceux qui le sont moins, on en trouve dans le sang cavitaire et dans le sang vasculaire ; chez tous les autres, ils ont pour siège exclusif le sang vasculaire ;

V. Ils augmentent de nombre à mesure que l'organisme se perfectionne ; cette loi cependant comporte des exceptions ;

VI. Ils augmentent aussi de volume ; mais ici les exceptions au fait général sont plus nombreuses encore ;

VII. Ils présentent une forme généralement sphérique chez les invertébrés inférieurs ; en remontant de ceux-ci aux ordres plus élevés, on voit aux globules sphériques se mêler en plus grand nombre d'autres globules de forme moins régulière ; c'est dans la classe des crustacés que leur mode de configuration présente le plus de variétés ;

VIII. Ils paraissent animés d'une vitalité plus grande dans les classes supérieures que dans les classes inférieures, si l'on juge de cette vitalité par les expansions sarcodiques qui partent de leur périphérie; car ces expansions sont plus prononcées, plus variées et plus promptes à se produire chez les mollusques et les crustacés que chez les arachnides, les insectes et les vers;

IX. Ils se forment de toutes pièces dans la cavité des vaisseaux, aux dépens du plasma; en d'autres termes, ils naissent par genèse. Dans quelques globules cependant on voit le noyau se diviser en deux ou trois globulins; mais cette segmentation ne se montre qu'à l'état d'essai ou de simple ébauche, comme une exception fort rare, attestant une tendance générale que nous verrons se développer sur une grande échelle dans la série des vertébrés;

X. Ils ne dépassent jamais cette première période de leur évolution. Chez les animaux dont le sang présente une couleur rouge, cette coloration n'a pas pour siège les éléments figurés, mais le plasma auquel se trouvent alors mêlées des granulations d'hémoglobine.

ARTICLE II

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG DES VERTÉBRÉS

Aux globules blancs des animaux inférieurs s'ajoutent chez les vertébrés les globules rouges, incomparablement plus nombreux, mais provenant tous de la segmentation et de la coloration des précédents. C'est dans ce grand embranchement, en d'autres termes, que les éléments figurés complètent leur évolution, et que leur étude par conséquent présente le plus d'intérêt et d'importance. Nous les étudierons successivement chez l'Amphyoxus, les poissons, les batraciens, les reptiles, les oiseaux, les mammifères et chez l'homme.

§ 1. — Sang de l'amphioxus

L'Amphioxus ou Branchiostome est un poisson de la tribu des Cyclostomes. Mais la plupart de ses appareils sont tellement dégradés qu'il est considéré avec raison comme le dernier des vertébrés. Il établit en quelque sorte la transition entre les deux grands embranchements de la série zoologique, et sous

ce point de vue, il est très digne d'intérêt; car dans tout l'embranchement inférieur, les éléments figurés restent incolores, parce qu'ils ne parcourent que la première période de leur évolution ; et dans tout l'embranchement supérieur ils prennent une couleur rouge parce qu'ils arrivent à leur évolution complète. Comment se comportent-ils chez ce vertébré si dégradé? Sont-ils incolores ou colorés ? Ou bien se présentent-ils dans un état intermédiaire établissant une transition graduelle des uns aux autres ? Avant d'aborder ces questions, rappelons en quelques mots le mode d'organisation de l'Amphioxus. Ses divers appareils ont été très complètement décrits par M. de Quatrefages (1).

L'Amphioxus présente un corps allongé, comprimé latéralement, aminci et terminé en pointe à ses deux extrémités. Sa longueur varie de 2 à 6 ou 7 centimètres. Sa bouche, située sur la face ventrale, est elliptique à grand axe longitudinal, entourée de 12 à 15 prolongements ou cirrhes, et bordée par un anneau cartilagineux. A l'extrémité opposée se trouve l'anus. Entre ces deux orifices, on en voit un troisième, c'est le *pore abdominal*, un peu plus rapproché du second que du premier.

Le squelette se compose : d'une simple corde dorsale revêtue de son étui fibreux, de l'anneau cartilagineux qui entoure la bouche, de quelques arcs de même nature qui répondent aux branchies et de lames fibreuses donnant attache aux muscles. L'appareil locomoteur rappelle donc celui des poissons, avec cette différence que chez les poissons il est complètement développé, tandis que chez l'Amphioxus il a été frappé d'un arrêt de développement au début de son évolution.

La moelle épinière est arrondie en avant; elle ne se renfle pas. L'encéphale n'est indiqué que par les nerfs qui naissent de son extrémité antérieure. Elle présente des étranglements et des renflements ; ces renflements ganglioniformes, signalés par M. de Quatrefages, correspondent à l'origine des nerfs (2). Son canal central, assez large, rappelle l'état de la moelle épinière dans la première période de son développement. L'appareil de l'innervation, comme l'appareil de la locomotion, en un mot, reste à l'état d'ébauche.

(1) De Quatrefages, *Mém. sur le syst. nerveux et l'histologie du Branchiostome ou Amphioxus* (*Annales des sc. nat.*, 3e série. t. IV, 1845, p. 197).

(2) De Quatrefages, *Mém. sur le syst. nerveux et sur l'histologie de l'Amphioxus* (*Annales des sc. naturelles*, 3e série, t. IV, 1845, p. 218.

Quant aux appareils de la vie nutritive et de la reproduction, ils sont en partie fusionnés. Ainsi la cavité abdominale contient à la fois l'estomac, l'ovaire, le testicule et les branchies. L'eau introduite dans cette cavité par l'orifice buccal en sort par le pore abdominal, ainsi que les œufs et les animalcules spermatiques. Les branchies sont recouvertes de cils vibratiles. Il en est de même des parois de l'intestin.

L'appareil de la circulation est complet ; le système lacunaire a disparu. Mais les forces qui président à la progression du sang, loin d'être centralisées, sont réparties sur un assez grand nombre de points. Il existe, d'après Muller : 1° un cœur artériel, médian, représenté par un vaisseau d'un calibre uniforme et sous-jacent à la charpente des branchies ; 2° à droite et à gauche de celui-ci, 50 petits cœurs ou bulbilles situés à l'origine de chacune des artères branchiales, lesquels entrent en contraction immédiatement après le cœur médian. On remarque en outre un cœur sur la veine cave et un autre sur la veine porte. Un appareil circulatoire ainsi constitué diffère beaucoup assurément de celui des poissons ; il diffère aussi de celui de tous les invertébrés.

Deux faits principaux ressortent des détails qui précèdent : les appareils de la vie animale se dégradent chez l'Amphioxus par suite d'un arrêt de développement ; les autres appareils se dégradent par suite d'une remarquable tendance à la fusion. Cette dégradation, si commune chez les invertébrés, est au contraire de la plus extrême rareté dans les classes plus élevées. L'Amphioxus, sous ce rapport, semble descendre du type zoologique auquel il a été rattaché. Son appareil circulatoire diffère à peine de celui des vers. Les cils qui recouvrent les parois de son intestin et qui jouent ici le rôle des fibres musculaires absentes le rapprochent des annélides. La présence de ces cils sur les branchies le rapprochent des mollusques acéphales. La préhension des aliments, qui s'opère chez lui à l'aide de ces mêmes organes, le rapproche des derniers annelés, ainsi que le fait remarquer M. de Quatrefages. Par ses appareils de la vie animale, il appartient aux vertébrés ; mais ce n'est qu'un vertébré dégradé. Par ses autres appareils, il se range dans la classe des animaux sans vertèbres. En réalité, il occupe dans le règne animal une place intermédiaire aux deux grands embranchements qui le composent.

Sang de l'amphioxus. — Le sang de l'amphioxus ne contient pas de globules rouges. Sur ce point, Retzius, Muller et M. de Quatrefages sont d'accord. De

mon côté, j'ai pu constater le même fait. Quand aux leucocytes, ce dernier auteur s'exprime ainsi : « J'ai coupé plusieurs individus par morceaux, tantôt en » les laissant tremper dans un peu d'eau de mer, tantôt en les plaçant sur des » verres parfaitement secs ; je n'ai pas trouvé de globules. J'ai bien vu flotter » dans le liquide ainsi obtenu des corpuscules irréguliers, diaphanes, homo- » gènes, analogues à ceux que charrie le sang chez les Mollusques, ou qu'on » rencontre dans la cavité abdominale de certaines Annélides. Mais rien ne » rappelait les globules des mammifères, des oiseaux, des reptiles et des » poissons. Aussi je regarde comme pleinement constaté ce fait, si excep- » tionnel parmi les vertébrés, que chez l'amphioxus le sang est blanc et sans » globules » (1).

On voit que M. de Quatrefages n'hésite pas à nier l'existence des globules rouges et qu'il admet celle des globules blancs. Remarquons cependant qu'il parle de ces derniers en termes un peu vagues.

C'est vaguement aussi que je les ai entrevus, et je n'oserai pas affirmer, avec cet auteur, qu'ils sont réellement analogues à ceux que charrie le sang des Mollusques ; car ceux des Mollusques sont très bien caractérisés. Mais il n'en est pas ainsi de l'amphioxus. Lorsqu'on coupe son corps transversalement, même au niveau des branchies, c'est à peine si la surface de section mouille la lame de verre ; et lorsqu'on soumet à l'examen microscopique cette très mince couche de liquide, que voit-on ? des corpuscules rares, irréguliers, diaphanes, qui m'ont paru n'avoir qu'une lointaine analogie avec les globules blancs des invertébrés. On serait presque tenté de croire que l'amphioxus par des globules blancs comme par ses globules rouges, fait exception à la loi générale.

Cette exception, cependant, est en contradiction si formelle avec tout ce que j'avais vu, qu'il me semblait bien difficile de l'admettre. Mon savant collègue et ami M. Ch. Robin étant alors à Concarneau et pouvant avoir des amphioxus à sa disposition, je lui écrivis pour le prier de se livrer aussi à quelques recherches de son côté et de vouloir bien me communiquer son opinion, à laquelle sa haute compétence me faisait attacher un grand prix. Je transcris textuellement sa réponse : « Mon préparateur M. Hermann et moi, nous venons » de constater plusieurs jours de suite les faits suivants : La section de la

(1) De Quatrefages, *opere citato*, p. 237.

» queue laisse écouler une très petite gouttelette de sang incolore. Chaque » préparation contient de 3 à 10 globules blancs sphériques ou légèrement » ovoïdes, larges de 5 à 8 millièmes de millimètres. Ils sont incolores, transpa- » rents, sans noyau, parsemés de quelques fines granulations brillantes; ce » sont, en un mot, des leucocytes de petites dimensions, non accompagnés » d'hématies. »

Il suit de cette description très explicite, et concordante d'ailleurs avec celle de M. de Quatrefages, qu'il n'y a pas lieu d'admettre l'exception vers laquelle j'inclinais, moins, du reste, par conviction, que pour provoquer des recherches nouvelles et plus concluantes. J'insiste toutefois sur deux points, d'une part sur la quantité infiniment petite du sang chez l'amphioxus, de l'autre sur l'absence de noyau dans ses leucocytes. Après avoir reçu la lettre de M. Ch. Robin, j'ai vérifié ces deux faits sur quelques-uns de ces étranges vertébrés que j'avais encore à ma disposition. Chez d'infimes araignées et de très petits insectes dont j'ai observé les leucocytes, il y avait plus de sang que chez un amphioxus de 7 centimètres. Dans ses globules blancs, j'ai vainement cherché aussi le noyau. Or, en explorant toute la série zoologique, c'est le seul animal chez lequel je ne les ai pas rencontrés; et cependant j'ai mis en usage les réactifs qui me les avaient si bien montrés chez tous les autres. Par les éléments figurés de son sang, comme par l'ensemble de son organisation, l'amphioxus reste donc un être à la fois très dégradé et très exceptionnel.

§ 2. — Sang des poissons

En passant des Céphalopodes aux poissons, l'appareil de la circulation se complète. Mais une modification que les faits observés chez les Mollusques ne semblaient pas annoncer se produit brusquement. Chez les invertébrés, le cœur est situé sur le trajet du sang qui sort de l'appareil respiratoire. Chez les poissons, il est situé sur le trajet du sang qui se rend à cet appareil; ce n'est pas un cœur artériel, c'est un cœur veineux. Il reçoit le sang venu de toutes les parties du corps et le projette dans les branchies. Le sang qui vient de ces organes, ou sang artériel, chemine d'abord dans des canaux convergents qui se continuent bientôt avec un tronc dont les divisions affectent une direction divergente. Dans les vertébrés supérieurs, au point de continuité des

canaux convergents et divergents, il existe un cœur préposé à l'impulsion du sang rouge; mais ce second cœur, ou cœur artériel, cœur aortique, fait défaut chez les poissons.

L'organe central de la circulation, en se portant du canal à sang rouge sur le canal à sang noir, a évidemment pour but d'accélérer la marche de ce liquide dans les organes de l'hématose et de l'étaler plus largement au contact de l'air. Il permet à l'appareil de la respiration de prendre un plus grand développement, d'ou il suit que les deux fluides, mis en présence, réagissent l'un sur l'autre avec plus d'énergie. On comprend donc que les éléments figurés du sang, rencontrant sur leur route des conditions mécaniques plus favorables à la circulation et un appareil d'oxygénation plus puissant, se modifient plus profondément et passent ainsi de la première à la seconde période de leur évolution.

Cependant, ces conditions plus avantageuses, inhérentes aux appareils de la circulation et de la respiration, ne semblent pas suffire encore pour opérer la transformation des globules blancs en globules rouges. Les reins, extrêmement développés, sont traversés par la presque totalité du sang noir, qui est recueilli ensuite par les veines rénales efférentes, puis, versé par celles-ci dans les sinus de Cuvier au voisinage du cœur. Ces glandes paraissent jouer, à l'égard du liquide nourricier, le rôle d'organes dépurateurs; elles dépouillent le sang d'une partie des principes qui le rendaient impropre à la nutrition, et les branchies complètent ensuite ce travail d'épuration en lui restituant la plénitude de ses propriétés assimilatrices (1).

Dans l'appareil de la circulation des poissons on retrouve encore quelques traces des lacunes. Le lac sanguin qu'on observe, chez les Raies, au niveau des veines provenant des organes de la génération, lac qui établit une large communication entre les deux veines rénales efférentes, celui beaucoup plus considérable et véritablement énorme qui correspond à l'œsophage, chez les Squales, sont bien manifestement les derniers vestiges d'un système qui disparaît (2). Dans tous les poissons cartilagineux les veines jugulaires internes offrent une disposition analogue.

(1) Voy. mes *Rech. sur l'appareil mucipare et le syst. lymph. des poissons*, p. 16 et 37, pl. IX, fig. 1, 3, 6. 7, 9 et 10.

(2) *Opere citato*, p. 16, et 37, pl. IX, fig. 1, 2, 3, 5, 8.

Pour l'étude du sang des poissons, j'ai choisi dans les divers ordres de cette classe un certain nombre de principaux types que j'ai successivement soumis à l'examen microscopique. Ainsi, parmi les poissons cartilagineux, j'ai pris les Raies, les Squales et les Lamproies; parmi les poissons osseux, la Tanche, l'Anguille, la Carpe et la Perche. Dans chacun de ces types, mes observations ont porté à la fois sur les globules rouges et sur les globules blancs.

A. — *Sang des poissons cartilagineux.*

1° *Sang de la Raie.* — Toutes les raies qui sont apportées sur les marchés de Paris ont été prises à la ligne. Avant d'être déposées dans le bateau des pêcheurs, elles restent très longtemps suspendues au crochet qui les retient prisonnières, se débattent énergiquement, et perdent, pendant cette longue lutte, une notable quantité de sang, d'où il suit que, malgré leur volume, elles ne contiennent plus, au moment où l'anatomiste en dispose, qu'une assez minime quantité de ce liquide. Pour le recueillir, on met le cœur à nu; on lie ensuite les deux grosses veines qui viennent s'ouvrir dans sa cavité, puis on les divise au delà de la ligature, à leur entrée dans le péricarde, et l'on enlève l'organe dont elles dépendent. L'oreillette ouverte, le sang s'écoule dans un verre cônique, et, à l'aide d'une baguette en verre, on en dépose une goutte sur le porte-objet du microscope.

Le sang de la Raie est extrêmement séreux; le plasma, en d'autres termes, est très abondant. C'est dans ce plasma qu'il convient d'abord de l'examiner à un grossissement de 400 diamètres. On prendra ainsi connaissance de la forme, des dimensions, de la couleur des globules rouges, et on verra flotter, au milieu de ceux-ci, les globules blancs dans toutes leurs variétés. Ce premier examen permettra de constater qu'ils sont régulièrement elliptiques, aplatis, et munis d'un noyau. On juge de leur forme aplatie lorsqu'ils se présentent par leurs bords, ou lorsqu'ils tournent autour de leur grand axe. Le noyau est très pâle, à peine apparent, de forme elliptique aussi.

Les trois parties constituantes des globules rouges ne peuvent être bien mises en évidence qu'à l'aide des réactifs. Le sérum iodé fait apparaître presque aussitôt les granulations du protoplasma et celles du noyau. Cependant, pour l'étude de ces granulations, qui rappellent celles des globules blancs, le bichromate de potasse, uni au sulfate de soude et à l'acide acétique, est préférable ;

c'est le réactif par excellence des globules rouges; c'est celui qui montre le mieux leurs trois éléments; et il a, en outre, l'avantage de les montrer immédiatement de la manière la plus nette. Mais les proportions de ce réactif varient non seulement selon les classes, les tribus, les ordres, les familles et les genres, mais souvent même selon les espèces. Je me suis attaché particulièrement à les déterminer pour chacun des principaux types de vertébrés.

Pour mettre en pleine lumière les granulations des globules rouges de la raie on composera d'abord le réactif suivant :

Bichromate de potasse..........	2	grammes.
Sulfate de soude................	10	—
Eau distillée.....................	500	—

Sous l'influence de la chaleur ces deux sels se dissolvent rapidement; après leur complète dissolution, on conserve le liquide dans un flacon; puis on verse dans une éprouvette graduée de la contenance de 50 grammes :

1° 30 grammes de la solution qui précède;
2° 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés.

L'acide acétique purifié ordinaire est à 40 degrés, et l'acide cristallisable à 98 degrés. Mais ce dernier a l'inconvénient de cristalliser dans le bocal qui le contient, surtout sous l'influence des basses et moyennes températures. Afin d'éviter cet inconvénient, j'y ajoute un dixième d'eau distillée, et je le ramène ainsi à 90 degrés environ. Il reste alors indéfiniment à l'état liquide et peut être facilement utilisé.

Les 45 grammes du réactif précédent sont versés dans un flacon fermé avec un bouchon en verre se prolongeant en pointe conique jusqu'à son extrémité inférieure. Ces dispositions prises, on dépose une goutte de sang sur le porte-objet, puis une goutte du réactif; on mélange les deux liquides à l'aide du bouchon conique, et la réaction a lieu sous les yeux de l'opérateur. Le noyau offre alors un contour circulaire bien accusé; il est granuleux. Le protoplasma prend également un aspect granuleux. Ses granulations, de volume égal, sont assez régulières et très rapprochées (1).

Quelques anatomistes seront peut-être disposés à penser que les granulations du protoplasma et du noyau, ainsi obtenues, sont un produit artificiel dû

(1) Pl. III, fig. 2.

à l'action du bichromate de potasse. Pour répondre à cette objection, j'ai supprimé ce sel, et j'ai fait usage d'un autre réactif ainsi composé :

Sulfate de soude au maximum de saturation.........	1 partie.
Acide acétique ordinaire.........................	1 —

Ce second réactif montre bien aussi les granulations du protoplasma. On peut, du reste, en varier les proportions de la manière suivante :

Sulfate de soude..................................	1 partie.
Acide acétique étendu d'un égal volume d'eau distillée.....	1 —

On pourra aussi étendre le sulfate de soude, ou étendre davantage l'acide acétique; les résultats seront les mêmes, mais plus ou moins nets et plus ou moins rapides (1). Ce n'est pas seulement ce second réactif qu'on peut modifier; le premier peut l'être aussi. Une foule de réactifs composés des mêmes éléments que celui-ci, et différemment combinés, démontrent bien également l'existence des granulations du protaplasma et du noyau.

Mais ces réactifs ne détachent pas l'enveloppe des globules, qui reste confondue avec le protoplasma. On l'isolera à l'aide du réactif suivant :

1° Solution de bichromate de potasse et de sulfate de soude, précédemment formulée..	30 gr.
2° Acide acétique à 90 degrés..	20 —

En ajoutant à une goutte de sang une goutte de ce réactif, on voit, au bout d'une minute, le protoplasma se rétracter, et un intervalle blanc le séparer de l'enveloppe, qui devient alors des plus évidentes (2). Le réactif montre aussi les granulations de la petite masse protoplasmique et celles du noyau, en sorte que les trois éléments du globule sont également manifestes.

En variant l'emploi des réactifs qui précèdent et multipliant les observations, on arrivera à constater aussi que le noyau des globules rouges se continue avec l'enveloppe.

Les globules blancs du sang des Raies sont volumineux, mais cependant de volume assez inégal. Ils affectent une forme sphérique. Leur protoplasma se compose, pour les uns, de grosses granulations vésiculeuses qui leur donnent un aspect mûriforme et une couleur sombre, et, pour les autres, de granula-

(1) Pl. III, fig. 3.
(2) Pl III, fig. 4.

tions fines et plus clairs-semés. L'acide acétique ordinaire au 75e en montre bien la constitution. Le noyau est étroitement uni à l'enveloppe, de forme arrondie, à contour sombre bien accusé, et granuleux. On reconnaît sa situation périphérique en examinant un globule qui tourne lentement autour d'un axe parallèle au plan de sustentation (1). Mais, comme ils sont relativement peu nombreux dans le sang, on prendra de préférence, pour cette étude, les globules blancs des ganglions œsophagiens, qui sont multipliés à l'infini, assez gros pour la plupart, et qu'on fera macérer préalablement dans l'acide acétique ordinaire au 10e (2).

2° *Sang des Squales.* — Les détails dans lesquels je viens d'entrer sur le sang des Raies me permettront d'être plus bref sur celui des Squales, qui n'en diffère pas, et dont l'étude est plus facile encore ; car presque tous les réactifs font réapparaître presque aussitôt les granulations du protoplasma et du noyau. Leurs globules rouges ne diffèrent pas de ceux de la Raie.

Les globules blancs de ces deux ordres de poissons cartilagineux sont semblables aussi par leurs dimensions, leur forme et leur composition. Entre les globules blancs et les globules rouges, on retrouve tous les états transitoires par lesquels passent les premiers pendant leur période de coloration.

3° *Sang de la Lamproie.* — Ce poisson a, pour attribut distinctif, la forme très régulièrement sphérique de ses globules rouges. En les observant dans le plasma sanguin ou dans l'acide osmique, on reconnaît leur mode de configuration, et on entrevoit leur noyau qui souvent, cependant, n'est pas visible (3). Mais leurs trois éléments se manifestent aussitôt sous l'influence d'une foule de réactifs. On composera d'abord la solution suivante :

Bichromate de potasse........	2	grammes.
Sulfate de soude..............	2	—
Eau distillée..................	500	—

La dissolution du bichromate est accélérée en plaçant le liquide au-dessus d'un bec de gaz ou d'une lampe à alcool ; on le conserve dans un flacon recou-

(1) Voy. mes *Rech. sur le syst. lymph. des poissons*. In-fol., 1880, pag. 40. Pl. VII, fig. 8.
(2) Pl. III, fig. 4.
(3) P. IV, fig. 1.

vert d'une étiquette qui rappelle sa composition, puis on verse dans une petite éprouvette :

1° 45 grammes du liquide précédent;
2° 5 grammes d'acide acétique à 90 degrés.

Ce dernier réactif met immédiatement en pleine lumière les granulations du protoplasma, celles du noyau et le contour de celui-ci (1).

Les globules rouges, par suite de leur forme sphérique tournant facilement autour de leurs divers axes, on peut très bien voir, pendant leur rotation, que le noyau se continue avec l'enveloppe et occupe toujours une situation périphérique (2). Entre tous les poissons, la Lamproie est donc celui qui mérite la préférence pour cette étude.

Les globules blancs ne diffèrent pas de ceux des autres poissons. Dans quelques-uns, le noyau est divisé en un ou plusieurs globulins (3).

En comparant les globules blancs et rouges, on reste frappé de leur extrême analogie de constitution; entre les uns et les autres il n'y a qu'une simple différence de coloration (4).

B. — *Sang des poissons osseux.*

Par leur configuration et leur composition, les globules rouges et blancs des poissons osseux rappellent ceux des poissons cartilagineux. Je me bornerai donc, pour éviter des répétitions fastidieuses, à faire connaître les réactifs qui sont applicables à l'étude du sang dans quelques types.

1° *Sang de la Tanche.* — Les globules rouges sont elliptiques, aplatis, un peu plus petits que ceux des poissons cartilagineux (5). Leur noyau se montre lorsqu'on les traite par le réactif suivant :

Bichromate de potasse au 500ᵉ....	2	grammes.
Sulfate de soude au 100ᵉ..........	47	—
Acide acétique ordinaire..........	1	—

Sous l'influence de ce réactif, les globules rouges prennent une forme sphérique. Ils tournent très facilement, tantôt autour d'un axe perpendiculaire

(1) Pl. IV, fig. 3.
(2) Pl. IV, fig. 4.
(3) Pl. IV, fig. 5.
(4) Pl. IV, fig. 6.
(5) Pl. III, fig. 9.

au plan de sustentation tantôt, autour d'un axe parallèle à ce plan, et on peut reconnaître que leur noyau, arrondi aussi, est périphériquement situé (1).

Pour faire apparaître les granulations du protoplasma, on composera d'abord ce réactif :

Bichromate de potasse..........	1 gramme.
Sulfate de soude..............	6 —
Eau distillée..................	500 —

Puis on versera, dans une petite éprouvette graduée :

1° 40 grammes de la solution précédente;
2° 8 grammes d'acide acétique ordinaire.

Une goutte de ce dernier liquide met aussitôt les granulations du protoplasma en évidence (2).

Si, au lieu d'ajouter à la solution de bichromate de potasse et de sulfate de soude, un sixième seulement d'acide acétique, on lui ajoute un tiers de cet acide, le noyau et toutes les granulations deviennent immédiatement très manifestes (3). On obtiendra le même résultat, et d'une manière plus satisfaisante encore, avec le sulfate de soude au maximum de saturation et l'acide acétique ordinaire étendu d'un égal volume d'eau distillée et ainsi combinés :

Sulfate de soude.........	1 partie.
Acide acétique...........	2 —

Les globules blancs seront traités par l'acide acétique au 150e. Parmi ces globules on en rencontre qui sont en voie de prolifération (4).

2° *Sang de l'Anguille.* — Le 7 avril 1880 j'excise la queue d'une anguille, et j'obtiens une notable quantité de sang que j'examine d'abord sans recourir à aucun réactif. Les globules rouges sont moins gros que ceux des poissons cartilagineux, elliptiques et aplatis aussi ; leur noyau n'est pas apparent. Sur le bord de la lamelle qui recouvre ces globules, je dépose une goutte d'acide acétique au 100e afin de rendre plus distincts les globules blancs. Ils sont peu nombreux et leur noyau ne présente aucune trace de segmentations.

(1) Pl. III, fig. 11.
(2) Pl. III, fig. 10.
(3) Pl. III, fig. 12.
(4) Pl. III, fig. 13 et 14.

Je traite ensuite une autre goutte de sang par le sulfate de soude au maximum de saturation et l'acide acétique étendu d'un égal volume d'eau :

Sulfate de soude.............	1	partie.
Acide acétique...............	3	—

Le noyau des globules rouges apparaît aussitôt avec ses granulations. Celles du protoplasma se montrent avec la même netteté (1).

Le 10 avril, nouvelle excision de la queue, suivie d'hémorrhagie. Les globules blancs sont plus nombreux; cependant je remarque à peine quelques traces de segmentation dans les noyaux.

Le 12 avril, troisième section. Le nombre des globules blancs est plus considérable; quelques-uns sont manifestement en voie de prolifération (2). Mais la segmentation des noyaux, sous l'influence des hémorrhagies, est cependant moins accusée dans les poissons osseux que chez les Batraciens, ainsi que nous le verrons plus loin. Cette différence me paraît due à deux causes : d'une part la transformation des globules blancs en globules rouges est plus rapide; de l'autre les hémorrhagies abondantes sont plus difficiles à produire chez les poissons.

3° *Sang de la Carpe.* — Par tous leurs caractères extérieurs, les globules rouges du sang de la Carpe ressemblent à ceux de la Tanche et de l'Anguille. Par leur composition ils ne s'en rapprochent pas moins. Mais ils semblent cependant posséder quelques attributs qui leur sont propres; car les réactifs qui dévoilent leurs parties constituantes et qui conviennent pour les uns ne conviennent pas pour les autres, ou du moins leur action n'est pas tout à fait identique. Cette remarque s'applique, du reste, à tous les vertébrés. Pour chaque animal, les globules rouges ont quelque chose de spécial dans leur nature intime (3). Plusieurs réactifs en démontrent la composition. Je mentionnerai d'abord le suivant, qui sera ainsi composé :

1° Ajouter à 500 grammes d'eau distillée 1 gramme de bichromate de potasse et 6 à 10 grammes de sulfate de soude, puis faire chauffer le liquide

(1) Pl. III, fig. 16.
(2) Pl. III, fig. 17.
(3) Pl. IV, fig. 7.

pour faciliter la dissolution des sels; 2° Verser, dans une petite éprouvette graduée :

30 grammes de cette solution et
15 d'acide acétique ordinaire (1).

On pourra aussi faire usage d'un réactif composé d'une partie de sulfate de soude au maximum de saturation et de deux parties d'acide acétique ordinaire étendu d'un égal volume d'eau distillée.

L'acide acétique au 60e permettra d'étudier les globules blancs dans leur composition et toutes leurs variétés (2). Ces globules ne se voient qu'en très petit nombre chez la Carpe, phénomène qui semble reconnaître pour cause leur rapide transformation. Dans la pensée d'en augmenter la quantité, j'excise, le 13 juillet 1880, la queue d'une carpe; hémorrhagie abondante. Le 14 juillet, nouvelle section; les globules blancs sont moins rares. Le 15, ma carpe est morte; je constate de nouveau un accroissement dans le nombre de ces globules, mais je ne trouve que quelques noyaux très clair-semés en voie de segmentation, ce qui tient, en partie au moins, à la rapidité de la mort.

Dans le cours de mes recherches, j'ai pu observer tous les états intermédiaires aux globules blancs et rouges (3).

4. *Sang de la Perche.* — Pour l'étude des caractères extérieurs des globules rouges, on aura le choix entre le sérum iodé et l'acide osmique. On peut les voir assez bien aussi dans le plasma, sans l'emploi d'aucun réactif (4).

A l'aide du réactif suivant, on rendra le noyau très manifeste (5) :

Bichromate de potasse au 500e............	1	gramme.
Sulfate de soude au 100e.................	48	—
Acide acétique ordinaire.................	1	—

Ce réactif fait immédiatement passer les globules rouges de la figure elliptique à la forme sphérique, en sorte qu'ils ressemblent à ceux de la Lamproie, ce qui permet de reconnaître la situation périphérique de leur noyau.

(1) Pl. IV, fig. 8.
(2) Pl. IV, fig. 9.
(3) Pl. IV. fig. 10.
(4) Pl. IV, fig. 11.
(5) Pl. IV, fig. 12.

Le même réactif fera reparaître aussi les granulations du protoplasma, mais il faut en modifier ainsi la composition :

Bichromate de potasse au 500e	4	grammes.
Sulfate de soude au 100e	42	—
Acide acétique ordinaire	4	—

A ce réactif on pourra substituer le suivant, qui donne avec plus de netteté encore les mêmes résultats :

Sulfate de soude au maximum de saturation	1	partie.
Acide acétique étendu d'un égal volume d'eau	1	—

Ces deux réactifs montrent, l'un et l'autre, les trois éléments des globules rouges (1).

J'ai pu observer plusieurs fois sur les globules rouges de très jeunes Perches un singulier phénomène que nous allons retrouver bientôt chez les têtards des Batraciens : c'est la *diapédèse du noyau de ces globules.* Sur une goutte de sang je dépose une goutte de curare au 400e; après une attente d'une minute ou d'une demi-minute on voit, çà et là, les noyaux sortir lentement de leur globule. Ils font d'abord une légère saillie à la périphérie de ceux-ci, puis sortent à moitié, puis presque totalement, et bientôt se détachent tout à fait de l'enveloppe qu'ils ont traversée sans se déformer, et sans que celle-ci présente la moindre solution de continuité (2). On rend la diapédèse plus prompte et plus facile à observer, en ajoutant sur le bord de la lamelle qui recouvre les globules une goutte d'acide acétique au 50e.

Pour l'étude des globules blancs on fera usage de l'acide acétique au 50e ou au 100e, dont on pourra porter la dilution jusqu'au 600e (3).

En résumé, l'observation attentive du sang des poissons démontre très clairement que les deux ordres de globules présentent la même constitution; ils sont formés des trois mêmes éléments, semblablement disposés.

L'étude de ces globules permet, en outre, de les suivre dans toutes les phases de leur évolution, et de reconnaître que, si les granulations du noyau et du protoplasma semblent disparaître dans la seconde période de leur déve-

(1) Pl. IV, fig. 13.
(2) Pl. IV, fig. 14.
(3) Pl. IV, fig. 15.

loppement, c'est-à-dire sous l'influence de leur coloration, cette disposition n'est qu'apparente; elles persistent dans toute leur intégralité, mais à l'état latent, et réapparaissent presque aussitôt sous l'influence des *réactifs* (1).

§ 3. — Sang des Batraciens

L'appareil circulatoire des Batraciens diffère très notablement de celui des Poissons. Dans cette dernière classe de vertébrés il est représenté par un cercle unique comprenant une moitié artérielle et une moitié veineuse; et c'est sur la portion veineuse qu'est situé le cœur, non loin des branchies dans lesquelles il projette le sang noir. Chez les Batraciens, il se compose de deux cercles reliés l'un à l'autre par cet organe. Celui-ci est formé de trois loges : d'un ventricule qui fait progresser le sang vers les capillaires généraux et les organes de l'hématose; d'une oreillette droite qui reçoit le sang parti des capillaires généraux; et d'une oreillette gauche dans laquelle se rend le sang émané des capillaires pulmonaires ou branchiaux. Des valvules, situées à la base du ventricule et aux orifices auriculo-ventriculaires imposent au liquide nourricier une direction constante.

Les deux cercles sont très inégaux et remplissent des attributions bien différentes. Le petit cercle est le siège des phénomènes de l'hématose. Il part du ventricule, passe par les organes de la respiration en se divisant en ramifications déliées, et revient de ces organes par un ensemble de vaisseaux convergents qui s'ouvrent dans l'oreillette gauche, laquelle transmet le sang oxygéné au ventricule. Le grand cercle préside aux phénomènes de la nutrition et des sécrétions. Il part du ventricule, se répand, par ses divisions, dans toutes les parties du corps, et revient de celles-ci également par des canaux convergents qui s'ouvrent dans l'oreillette droite. Cette oreillette transmet le sang veineux au ventricule.

Le sang oxygéné, ou sang artériel, se mêle donc, dans la cavité ventriculaire, au sang veineux. C'est le mélange des deux sangs que le ventricule transmet, d'une part, aux organes de la respiration pour le soumettre de nouveau à leur influence, de l'autre, aux diverses parties de l'économie pour lui fournir les

(1) Pl. IV, fig. 6 et 10.

sucs assimilables nécessaires à chacun d'eux. Il suit de cette disposition que la nutrition, chez les Batraciens, s'opère dans des conditions moins favorables que chez les Poissons, puisque l'organisme, chez les seconds, puise ses éléments réparateurs dans un sang artériel et chez les premiers dans un mélange de sang artériel et de sang veineux.

Ces conditions sont même plus défavorables encore qu'on ne serait tenté de le croire au premier aspect, car la proportion du sang artériel est, en réalité, très minime, relativement à celle du sang veineux; c'est donc surtout du sang veineux que le cœur envoie dans les capillaires généraux, et ce n'est qu'une petite partie de ce sang qui passe par les capillaires de l'appareil respiratoire. Cet appareil, par conséquent, n'exerce sur le liquide nourricier chez les Batraciens, qu'une action relativement très faible, si on la compare à celle que possède ce même appareil chez les Poissons.

Au ventricule se surajoute, chez les Batraciens comme chez les Poissons, une cavité contractile connue sous le nom de *bulbe*. De ce bulbe part le tronc destiné à porter le sang dans l'appareil de la respiration et toutes les autres parties de l'organisme, lequel se divise presque aussitôt en deux branches ou crosses aortiques qui contournent l'œsophage et qui, après un trajet variable, s'unissent au-dessus de ce conduit pour constituer l'aorte. Dans leur trajet, les crosses aortiques émettent de chaque côté une branche qui se rend dans les poumons ou les branchies, et, un peu plus loin, d'autres branches destinées à la tête et aux membres antérieurs. Les parties moyennes et postérieures du corps reçoivent leurs vaisseaux de l'aorte et de ses branches terminales.

Les veines affectent une disposition très analogue à celle qu'on remarque chez les Poissons. Les veines postérieures et une partie de celles du tronc se rendent aussi dans les reins. De ces glandes partent des veines qui sont continuées par les veines caves. Dans les Batraciens, la veine porte rénale conserve donc l'importance qu'elle avait acquise dans la classe précédente, et les viscères qu'elle traverse jouent, chez eux aussi, le rôle d'organes dépurateurs.

En résumé, les appareils de la respiration et de la circulation, dans ces vertébrés, ne réalisent aucun perfectionnement; ils sont même, sous plusieurs rapports, inférieurs à ceux des poissons. Mais ils établissent la transition entre ces derniers et les vertébrés plus élevés, transition que nous verrons se continuer et se compléter chez les reptiles.

Abordons maintenant l'étude du sang chez les Batraciens. Les appareils

de la respiration et de la circulation se présentant, chez eux, dans des conditions moins avantageuses que chez les Poissons, pour la transformation des globules blancs en globules rouges, il n'était pas sans intérêt de comparer le sang dans les deux classes.

Or, de ce parallèle, il résulte que les leucocytes se montrent en plus grande abondance chez les premiers que chez les seconds. C'est dans la classe des Batraciens que leur nombre diffère le moins de celui des hématies. Ce nombre, en moyenne, est à celui des globules rouges :: 1 : 50. Ils deviennent un peu moins nombreux dans les poissons cartilagineux, et beaucoup moins encore dans les poissons osseux chez lesquels les globules blancs sont aux globules rouges :: 1 : 200 ou 250.

C'est aussi chez les Batraciens qu'on peut le plus facilement modifier la proportion des leucocytes, à l'aide des hémorrhagies abondantes ou répétées. C'est chez eux également qu'on peut observer avec le plus de netteté la transformation des globules blancs en globules rouges. Je décrirai successivement ces globules chez le Triton, la Grenouille, le Crapaud et les Têtards.

A. — *Sang du Triton.*

Le Triton, batracien de l'ordre des Urodèles, est, parmi les vertébrés, celui qui se prête, avec le plus d'avantages, à l'étude des éléments figurés du sang. C'est au Triton qu'il faut donner la préférence lorsqu'on veut observer, dans toutes ses variétés et toute son évidence, le grand phénomène de la segmentation des noyaux, la sortie des globulins, le développement de ceux-ci et le passage insensible des globules blancs aux globules rouges.

Les globules rouges, chez ce batracien, sont volumineux, elliptiques et aplatis (1). Leur noyau présente la même forme. Le réactif sous-jacent accuse très nettement son contour :

Bichromate de potasse au 500e........	1	gramme.
Sulfate de soude au 100e..............	48	—
Acide acétique ordinaire......	1	—

Ce réactif ne montre pas ses granulations, mais un mélange à parties égales de sulfate de soude au maximum de saturation et d'acide acétique ordinaire

(1) Pl. V, fig. 1.

les fait apparaître en quelques secondes. La préparation ainsi obtenue est même très belle (1). On pourra aussi faire usage, dans le même but, de la solution suivante :

Bichromate de potasse..........	1	gramme.
Sulfate de soude................	10	—
Eau distillée....................	500	—

Solution dont on versera, dans une éprouvette graduée, 30 grammes auxquels seront ajoutés 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés.

Pour observer les granulations du protoplasma, on emploiera un réactif composé des mêmes éléments, mais dont les proportions seront ainsi modifiées :

Bichromate de potasse.............	1	gramme
Sulfate de soude...................	6	—
Eau distillée......................	500	—

En ajoutant à 30 grammes de cette solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés, on aura le réactif applicable à l'étude de ces granulations (2).

Globules blancs. — Ces globules flottent en assez grand nombre au milieu des globules rouges. L'acide acétique ordinaire au 150ᵉ les rend très manifestes (3). On peut, du reste, l'atténuer beaucoup moins ou beaucoup plus, selon le but qu'on se propose. Il est utile à tous les degrés de dilution que j'ai portés, quelquefois avec avantage, jusqu'au 600ᵉ. Quelques globules sont remarquablement volumineux ; ils offrent alors une forme sphérique et un aspect framboisé. D'autres présentent des dimensions moyennes et un protoplasma clair, finement granulé, qui laisse voir le noyau. Parmi ces derniers il en est qui se distinguent par leur contour elliptique, et qui offrent une grande ressemblance de forme avec les globules rouges, dont ils ne diffèrent que par leur noyau sphérique et le défaut de coloration. On remarque aussi de petits globules et même de très petits : ce sont de simples noyaux appartenant à l'ordre des globulins.

Aux globules blancs uninucléés se mêlent, dans une proportion variable et parfois très considérable, des globules dont le noyau est en voie de segmentation ou se trouve déjà divisé en deux, trois, quatre ou cinq globulins. Dans

(1) Pl. V, fig. 2.
(2) Pl. V, fig. 3.
(3) Pl. V, fig. 4.

chacun de ces globules en voie de prolifération, le groupe des globulins est entouré de fines granulations transparentes occupant aussi leurs intervalles et représentant les derniers restes du protoplasma.

Enfin, on distingue encore le plus habituellement, dans le champ de la préparation, des globules dont les globulins s'échappent de la cellule mère. Dans les uns le groupe des globulins commence à s'engager dans l'enveloppe ; sur d'autres, le groupe est à moitié sorti, ou bien il n'adhère plus à l'enveloppe commune que par un point, ou même ne se trouve plus en connexion avec celle-ci, qui se présente alors sous l'aspect d'une cellule vide, à contour fin et d'une extrême pâleur. Dans les intervalles des globules flottent, çà et là, des globulins réunis en groupe ou déjà isolés (1).

Influence des hémorrhagies sur la segmentation des noyaux et la prolifération des globules blancs. — Les pertes sanguines, et surtout les pertes répétées à de courts intervalles, ont pour effet constant une abondante production de leucocytes chez les tritons. Cette prolifération est la conséquence de la segmentation du noyau des globules et du développement rapide des globulins. En soumettant à l'examen microscopique le sang d'un triton qui a été abondamment saigné, on peut constater sur les globules blancs, qui flottent en très grand nombre dans le liquide de la préparation, tous les états intermédiaires par lesquels ils passent, depuis le début de la segmentation jusqu'à la sortie des globulins, et depuis la naissance de ceux-ci jusqu'à leur transformation en globules blancs elliptiques et globules blancs légèrement teintés de jaune.

Les globulins du triton ont été observés récemment par M. G. Pouchet (2), qui a fait usage, dans ses recherches, de l'acide osmique au maximum de concentration. Mais, ce réactif ne convenant pas pour une semblable étude, il n'a pu en suivre le développement, et pense que tantôt ils deviennent le centre de formation d'un leucocyte et tantôt celui d'une hématie (3).

L'emploi de l'acide acétique au 50e permet de reconnaître que les globulins sont le point de départ d'un globule blanc et jamais celui d'un globule rouge. On les voit d'abord s'entourer d'un arc qui apparaît sur leur contour et qui

(1) Pl. V, fig. 6.

(2) G. Pouchet. *Évol. et struct. des noyaux des éléments du sang chez le triton.* — *Journal de l'anat. et de la phys.*, 1879, p. 9.

(3) *Opere citato*, p. 32.

s'accroît ensuite graduellement. Cet arc, c'est l'enveloppe du leucocyte dont le noyau remplissait, à son apparition, toute la cavité. Mais à mesure que l'enveloppe s'étend, son diamètre l'emportant sur celui du noyau, elle le déborde, perd ainsi l'aspect arciforme qui caractérise son apparition, et l'entoure bientôt complètement. Le globulin, bien que toujours périphériquement situé, semble alors occuper le centre de sa cavité.

A une période plus avancée de son évolution paraît le troisième élément du leucocyte, c'est-à-dire son protoplasma, tellement homogène et transparent au début, qu'on le distingue à peine. Mais, en devenant plus abondant, il se charge de granulations de plus en plus accusées qui lui donnent, au terme du complet développement des globules, l'aspect mûriforme. Parvenu alors à l'état adulte, le globule blanc circule quelque temps sous cette forme et poursuit ensuite le cours de ses transformations. Les grosses granulations vésiculeuses diminuent de volume, et bientôt ne représentent plus que des granulations ordinaires; le globule devient alors transparent, et le noyau, très évident. Ensuite le leucocyte s'allonge, s'aplatit un peu, prend un aspect homogène et ressemble à une hématie décolorée. Il en diffère encore cependant par la forme sphérique de son noyau et les granulations de celui-ci.

Mais le noyau à son tour s'allonge, devient elliptique et homogène aussi. Le globule blanc, parvenu à cette phase très avancée de son évolution, ne diffère plus du globule rouge que par son défaut de coloration. Cette différence n'a qu'une courte durée, car il ne tarde pas à se teinter d'une couleur d'ambre, à laquelle succède assez rapidement une couleur jaune mieux caractérisée. Le leucocyte ainsi coloré se présente avec tous les caractères propres aux hématies. Sous cette forme, il est utilisé pour la nutrition, et s'use peu à peu; son noyau se rapetisse; les réactifs n'ont plus le pouvoir de faire réapparaître ses granulations; et, après avoir vécu un certain temps, il subit une sorte de dissolution ou de dissociation totale de ses éléments, qui disparaissent dans le plasma sanguin; il meurt, en un mot, cédant la place à des globules plus jeunes et plus utiles.

Pour bien observer toute cette longue série de phénomènes successifs, il convient d'accélérer la prolifération des globules blancs. Les pertes sanguines possèdent ce privilége à un très haut degré. Elles déterminent très rapidement la segmentation du noyau des globules, puis l'éruption des globulins qui traversent leur enveloppe par voie de diapédèse, et enfin le développement de

ceux-ci, qu'on peut voir à l'état de globules naissants, de globules blancs jeunes, de globules blancs adultes, d'hématies incolores, d'hématies plus ou moins teintées de jaune et d'hématies séniles.

Première expérience. — Le 16 avril, j'excise la queue d'un triton : hémorrhagie abondante; le noyau, dans un grand nombre de globules, est en voie de segmentation. Vingt-six heures après cette première perte sanguine, nouvelle excision; presque tous les globules blancs sont segmentés. Ce résultat, je le reconnais, est peu concluant; et il en est toujours ainsi lorsque le sang du batracien sur lequel on opère contient déjà beaucoup de globules segmentés.

Deuxième expérience. — Le 18 avril, j'excise, à sa partie moyenne, l'appendice caudal d'un autre triton. Dans le sang, que j'examine aussitôt, je ne trouve qu'un très petit nombre de globules blancs dont le noyau est segmenté. Quarante-six heures après cette hémorrhagie, seconde excision. Les globules blancs sont, pour la plupart, en voie de prolifération.

Troisième expérience. — Le 25 avril, je coupe, près de sa base, la queue d'un troisième triton. Fort peu de globules présentent un noyau segmenté. Le 28 avril, nouvelle excision; les globules blancs sont beaucoup plus abondants et presque tous contiennent des globulins dont le nombre varie de 2 à 5 ou 6. Dans quelques-uns, le groupe des globulins commence à traverser l'enveloppe ou a déjà fait éruption sur sa périphérie. Dans d'autres, le noyau s'est allongé en cylindre curviligne, renflé à ses extrémités. Sur plusieurs, le cylindre présente des étranglements qui annoncent sa prochaine division en trois globulins. Certains globules ne sont plus représentés que par leur enveloppe. L'acide acétique au 500e ou 600e permet assez facilement de reconnaître ces globules vides malgré leur extrême pâleur.

Quatrième expérience. — Le 30 avril, afin de déterminer une perte de sang plus grande, j'excise, sur un triton, l'appendice caudal et l'un des membres postérieurs; hémorrhagie abondante; pas de globulins. Le troisième jour qui suit cette double excision, mon triton existe encore; j'excise un second membre. Le quatrième jour, je le trouve mort. Le nombre des globules blancs est plus considérable que celui des globules rouges : tous sont en voie de prolifération.

A ces expériences je pourrais en joindre d'autres; car je les ai multipliées

pour étudier, dans leurs moindres détails, tous les phénomènes de la segmentation des noyaux et de l'évolution des globulins. Mais celles qui précèdent me paraissent suffisantes pour démontrer avec quelle facilité et quelle rapidité s'opère la prolifération des globules blancs, et pour engager les observateurs qui voudraient voir ces globules se multiplier et se transformer en globules rouges à les répéter. Elles sont faciles, instructives et très probantes (1).

B. — *Sang de la grenouille.*

Les éléments figurés du sang de la grenouille, considérés dans leur nombre, leur volume, leur conformation, leur aspect, diffèrent à peine de ceux du triton. Ils sont un peu plus nombreux et un peu moins volumineux. En les examinant dans le plasma, le sérum iodé ou l'acide osmique, on prend connaissance de leur forme elliptique et aplatie (2). Leurs extrémités sont alors arrondies. Mais si on les voit, par transparence, dans un capillaire, en pleine circulation, ils sont beaucoup plus étroits, effilés aux deux extrémités de leur grand axe, et d'aspect fusiforme. A mesure que la circulation se ralentit, ils deviennent plus larges, moins longs, et se rapprochent du mode de configuration qui leur est propre lorsqu'ils sont sortis des vaisseaux. Ces remarques, du reste, s'appliquent aussi aux tritons et à tous les Ovipares.

Le sulfate de soude, uni à l'acide acétique, montre très bien leur noyau et les granulations qui en dépendent (3).

Sulfate de soude au maximum de saturation.........	1	partie.
Acide acétique étendu d'un égal volume d'eau........	1	—

Le bichromate uni au sulfate de soude et à l'acide acétique montre à la fois et le noyau et les granulations du protoplasma (4) :

Bichromate de potasse au 500e.........	3	grammes.
Sulfate de soude au 100e..............	44	—
Acide acétique ordinaire..............	3	—

On peut obtenir ce dernier résultat avec beaucoup d'autres réactifs encore, parmi lesquels je mentionnerai celui-ci : après avoir fait dissoudre

(1) Pl. V, fig. 8.
(2) Pl. VI, fig. 1.
(3) Pl. VI, fig. 2.
(4) Pl. VI, fig. 3.

1 gramme de bichromate de potasse et 6 grammes de sulfate de soude dans 500 grammes d'eau distillée, ajoutez à 30 grammes de cette solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés (1).

Si, au lieu d'ajouter à cette solution 15 grammes seulement d'acide acétique, on remplace ces 15 grammes par 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés, on verra le protoplasma se rétracter en masse, et l'enveloppe du globule, alors isolée, sera très distincte (2). L'eau chloroformée et l'acide cyanhydrique au 100ᵉ donnent un résultat semblable.

Les globules blancs, chez la grenouille comme dans tous les Batraciens, sont remarquables par les expansions sarcodiques qu'ils présentent à leur sortie des vaisseaux, lorsqu'on les observe dans le plasma sanguin (3). Sous ce point de vue, ils diffèrent assez notablement de ceux des Poissons, et se rapprochent de ceux des Mollusques et des Crustacés (4).

Pour l'étude de la constitution de ces globules on peut faire usage d'une solution d'acide acétique au 50ᵉ, au 100ᵉ, au 150ᵉ. Cet acide, au 400ᵉ, au 500ᵉ, au 600ᵉ, est utile aussi lorsqu'on se propose d'observer les globulins passant par diapédèse à travers l'enveloppe des globules. C'est surtout à ce degré extrême de dilution qu'il permet de voir les globules vides et les très petits globulins flottant par groupe, ou isolés, dans le liquide de la préparation (5).

Je recommanderai aussi, dans le même but, la solution suivante, qui agit à la fois sur les globules rouges et blancs, et qui les montre très nettement dans toutes les variétés de leur composition intime :

Bichromate de potasse au 500ᵉ.....	1	gramme
Sulfate de soude au 100ᵉ..........	48	—
Acide acétique ordinaire..........	1	—

En usant des réactifs dont je viens de donner la formule, l'anatomiste le moins familiarisé avec l'étude des éléments figurés du sang arrivera très facile-

(1) Pl. VI, fig. 4.
(2) Pl. VI, fig. 5.
(3) Pl. VI, fig. 6.
(4) Pl. VI, fig. 6.
(5) Pl. VI, fig. 7, 8, et 9.

ment à voir les globules blancs sous tous leurs aspects, à reconnaître les trois parties qui les composent et à suivre les noyaux de ces globules dans leur segmentation, dans leur éruption, et dans leur développement ultérieur. Il verra les leucocytes se constituer peu à peu, bientôt s'allonger et prendre la forme des hématies, mais se distinguer d'abord de celles-ci par leur noyau arrondi et granuleux; puis, ce noyau s'allonger à son tour et devenir homogène comme le protoplasma; puis enfin l'un et l'autre commencer à se colorer. Il verra, en un mot, les éléments figurés qui établissent la transition des globules blancs aux globules rouges, étude pleine d'intérêt et satisfaisante surtout par la netteté des résultats que donne l'observation (1).

Influence des hémorrhagies sur la segmentation des noyaux et la multiplication des globules blancs. — Les hémorrhagies provoquées par la section des vaisseaux axillaires ou des vaisseaux poplités, ou par la section d'un membre, et surtout par l'amputation de la cuisse chez une grenouille, produisent des effets absolument semblables à ceux que nous avons observés chez le triton. Dès le troisième ou quatrième jour qui suit une perte abondante de sang, on constate une augmentation notable dans le nombre des globules blancs, un accroissement surtout très considérable des globules dont le noyau est segmenté. Ces expériences conduisent très rapidement à des notions exactes sur la segmentation des leucocytes, sur la sortie des globulins par diapédèse, sur l'évolution de ceux-ci et sur leur tranformation définitive en hématies.

Tous ces résultats ont été bien observés et exposés avec une grande netteté par M. Vulpian dans le travail qu'il a lu à l'Académie des sciences en 1877 (2). Cet auteur a plus spécialement fixé son attention sur l'époque à laquelle les leucocytes se transforment en hématies, et il a reconnu que cette transformation s'opère vers la fin du second mois. Elle est lente, en effet, après les hémorrhagies très abondantes qui produisent une profonde anémie, mais beaucoup plus rapide lorsque à ces grandes hémorrhagies on substitue des pertes de sang plus limitées et répétées à des intervalles assez espacés pour ne pas trop déprimer les forces de l'économie.

Dès la seconde ou la troisième semaine, on peut voir alors des leucocytes

(1) Pl. VI, fig. 11.

(2) Vulpian, *De la régénération des globules du sang chez les grenouilles, à la suite d'hémorrhagies considérables* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXXXIV, 4 juin 1877), p. 1279.

elliptiques et aplatis rappelant la conformation des globules rouges et commençant à se colorer. Souvent même on peut en voir, au bout de dix à douze jours, un certain nombre. Ajoutons que les leucocytes elliptiques à protoplasma très pâle et presque homogène existent dans le sang à l'état normal; mais ils se montrent alors beaucoup plus rares; sous l'influence des pertes sanguines ils deviennent, au contraire, si abondants, que leur nombre peut dépasser celui des globules rouges.

M. Vulpian, après avoir exposé tous les caractères de ces cellules elliptiques et incolores, après les avoir suivies dans leur évolution, après avoir reconnu qu'elles se transforment en hématies, aborde la question de leur origine et la résout ainsi : « Ces cellules qui doivent se transformer peu à peu en globules rouges proviennent-elles des globules blancs ou leucocytes? Il semble bien en être ainsi (1). » Sa conclusion n'est donc pas tout à fait affirmative. Sous la réserve qui l'entoure, on peut entrevoir cependant une conviction qui n'attend pour s'affirmer hautement que des recherches plus complètes montrant l'étroite parenté des cellules incolores avec les cellules finement granulées et de celles-ci avec les cellules à grosses granulations. En exposant les diverses théories émises sur l'hématogénèse, je reviendrai du reste sur son travail, et en le comparant à celui de Wharton Jones j'en ferai mieux comprendre l'intérêt et l'importance.

C. — *Sang du crapaud.*

Sur le sang du crapaud, comme sur celui de la grenouille, on peut suivre avec la plus grande facilité les globules blancs dans la série des phénomènes qu'ils présentent pendant le cours de leur développement et de leur transformation en hématies.

Je ne m'arrêterai pas sur leurs attributs extérieurs, qui sont d'ailleurs bien connus (2). Mais je dois faire connaître les réactifs qu'il convient de mettre en usage pour étudier leur constitution.

L'acide acétique au 50e et dilué jusqu'au 600e met presque immédiatement en évidence leur noyau et les granulations qui en dépendent (3). Au 600e, il

(1) Vulpian, *opere citato*, p. 1283.
(2) Pl. VII, fig. 1.
(3) Pl. VII, fig. 2.

permet de constater que ce noyau est volumineux dans les jeunes hématies, un peu plus petit dans les hématies adultes, très petit dans les vieux globules, plus petit encore, non granuleux et à contour un peu irrégulier, dans les globules qui ne tarderont pas à se dissoudre.

On peut faire apparaître aussi le noyau des globules rouges avec un réactif composé d'une partie de sulfate de soude au maximum de saturation et deux parties d'acide acétique étendu d'un égal volume d'eau. L'action de ce réactif est étrange et bien inattendue. Il décolore le protoplasma des globules rouges en communiquant à leur noyau une teinte d'un rouge incarnat, et il rougit également le noyau des globules blancs, attestant ainsi l'extrême analogie des uns et des autres au point de vue de leur constitution chimique. Appliqué aux globules rouges des grenouilles, il blanchit aussi leur protoplasma et rougit les granulations du noyau, mais celles-ci uniquement, en sorte que le noyau, au lieu de se présenter sous l'aspect d'une petite plaque rouge, prend celui d'un simple piqueté. Cette réaction n'a lieu, toutefois, que dans certaines espèces de crapauds ; chez la plupart de ces Batraciens, et particulièrement dans l'âge adulte, le noyau ne se colore pas.

Pour faire réapparaître simultanément le noyau et les granulations du protoplasma, on aura recours à trois principaux réactifs :

1er réactif :	Sulfate de soude au maximum de saturation......	1	partie.
	Acide acétique ordinaire........................	1	—

On verra d'abord se dessiner les granulations du noyau seules, puis, après quelques minutes d'attente, celles du protoplasma, et l'on obtiendra ainsi une très belle préparation.

2me réactif :	Bichromate de potasse au 500e.........	3	grammes.
	Sulfate de soude au 100e..............	44	—
	Acide acétique........................	3	—

3me réactif. — Après avoir fait dissoudre dans 500 rammes d'eau distillée 12 grammes de bichromate de potasse et 4 grammes de sulfate de soude, on compl tera le réactif en ajoutant à 49 grammes de cette solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire (1).

(1) Pl. VII, fig. 3.

Je dois ajouter que les réactions ne se passent pas d'une manière tout à fait identique pour les différentes espèces de crapauds. Les résultats seront plus satisfaisants pour certaines espèces, et moins pour d'autres; mais on réussira toujours, cependant, par voir le contenu granuleux des hématies.

Globules blancs. — Les trois éléments de ces globules se voient très bien avec une solution d'acide acétique au 50e, au 100e, au 150e. Il n'est pas moins facile d'observer la segmentation des noyaux et les globulins sortant des globules dans lesquels ils ont pris naissance. C'est même sur le crapaud que cette diapédèse des globulins se montre le mieux, ceux-ci étant plus volumineux dans cet ordre de Batraciens. Une solution au 600e est alors particulièrement préférable, parce qu'elle grossit encore le volume des globulins et met plus nettement en lumière l'enveloppe à travers laquelle ils s'échappent en groupe ou en série linéaire et successivement (1).

Dans le champ de la préparation, on distingue des leucocytes de toutes les dimensions, depuis ceux qui viennent de naître et qui n'existent qu'à l'état de simples noyaux ou globulins, jusqu'à ceux qui ont déjà parcouru presque toutes les phases de leur développement, lesquels se présentent sous la forme de globules elliptiques incolores ou à peine teintés d'une coloration jaune et encore reconnaissables à leur noyau granuleux.

Les hémorrhagies sont ici également très utiles pour étudier la prolifération des globules blancs, et pour les suivre dans leur transformation définitive en globules rouges. J'ai produit ces hémorrhagies en incisant tantôt les vaisseaux axillaires, tantôt les vaisseaux poplités, tantôt les uns et les autres en même temps, afin de déterminer une perte de sang plus abondante, et tantôt en excisant un, deux ou plusieurs membres. Quelques jours après les grandes hémorrhagies, le sang n'est presque plus composé que de leucocytes se présentant à toutes les périodes de leur évolution, et presque tous aussi en voie de prolifération. Dans un laps de temps, qui varie d'un mois à un mois et demi, on voit les globules commencer à se colorer. La coloration n'apparaît d'abord que sur un petit nombre d'entre eux; puis, ce nombre s'accroît, et les hématies finissent par l'emporter sur les leucocytes. Les phénomènes que l'observateur distingue sont ceux, en un mot, qu'il a déjà

(1) Pl. VII, fig. 4, 5 et 6

vus chez la grenouille et le triton dans des conditions analogues. C'est pourquoi je me borne à les rappeler : de plus amples détails n'ajouteraient rien à ce que nous savons déjà.

D. — *Sang des Têtards.*

J'ai eu à ma disposition des têtards de grenouille, de crapaud et de salamandre, les uns très petits, les autres plus longs. Les plus petits avaient une longueur de 6 à 10 millimètres, et les plus grands une longueur de 2 à 4 centimètres. Les premiers sont précieux à cause de leur parfaite transparence, qui permet de voir la circulation admirablement bien et de suivre les globules blancs et rouges dans les vaisseaux, alors simples capillaires. Les seconds peuvent être utilisés dans le même but, mais avec moins d'avantages.

1° *Sang des Têtards vu dans l'appareil de la circulation pendant la vie.* — Bien peu de spectacles présentent un aussi vif intérêt que celui de la circulation du sang chez un vertébré transparent, et aucun vertébré n'est plus favorable à cette étude qu'un têtard de 6 à 8 millimètres de longueur. En l'immergeant pendant quinze ou vingt minutes dans une solution de curare au 400e ou au 500e, on parvient à l'immobiliser et on le place alors sur le porte-objet du microscope. Mais, le plus souvent, il se réveille et s'agite alors malgré le soin qu'on prend de l'arroser d'une ou plusieurs gouttes du même liquide. En conséquence, je préfère le plonger dans l'eau chloroformée étendue d'un égal volume d'eau ; seulement, on devra le surveiller et s'empresser de le retirer dès qu'il est endormi, car il ne tarderait pas à périr. S'il s'agite, en l'inondant d'une autre goutte d'eau, il rentre aussitôt dans le repos. Étant très mince, on peut le recouvrir d'une lamelle de verre pour éviter de mouiller la lentille de l'objectif. Souvent aussi j'ai employé, avec beaucoup d'avantage, l'acide hydrocyanique au 300e, qui laisse au têtard toute sa transparence et qui ralentit un peu la circulation sans l'arrêter. C'est plus spécialement au moment où elle est ainsi ralentie qu'on voit se produire la diapédèse des éléments figurés.

Dans ces conditions, on remarque d'abord que les globules rouges forment au centre des capillaires une colonne qui passe sous l'œil de l'observateur avec la rapidité d'un trait, et que ces globules sont allongés en fuseaux. Si la circulation se ralentit, ils deviennent elliptiques, se placent quelquefois en

travers, et s'ils rencontrent un éperon restent à cheval sur sa crête, leur partie moyenne se rétrécissant et les deux extrémités s'élargissant à la manière des deux poches d'une besace; j'ai vu plusieurs fois deux globules à cheval sur le même éperon pendant quelques instants.

Parmi les hématies, quelques-unes adhèrent, çà et là, aux parois des vaisseaux par une des extrémités de leur grand axe, laquelle s'effile alors, tandis que l'autre se renfle, au contraire, en sorte que le globule prend une configuration piriforme très accusée (1). Son adhérence paraît solide, car le courant sanguin qui passe sur lui et qui tend à l'entraîner, l'agite sans pouvoir le détacher. Sur d'autres vaisseaux, et parfois sur d'autres points du même capillaire, le globule adhérent traverse en partie les parois vasculaires. Pendant que sa petite extrémité fait saillie en dehors, la grosse, plus longue, s'agite sous le choc du courant, et un étranglement bien manifeste les sépare l'une de l'autre au niveau même de la paroi. A un degré plus avancé, la partie extra-vasculaire égale la partie qui n'est pas encore sortie, ou bien elle est plus longue, et c'est la petite extrémité qui reste fixée, par un étranglement, à la surface interne du vaisseau. Enfin, le globule s'échappe en totalité. Au lieu d'un seul globule, c'est quelquefois tout un groupe d'hématies qui font éruption sur un même point et qui apparaissent au dehors sous l'aspect d'un bouquet.

En résumé, la diapédèse des globules rouges débute en général par leur adhérence; le globule s'engage ensuite dans les parois du vaisseau qu'il traverse peu à peu en s'étranglant au niveau de celles-ci, puis tombe en dehors des voies circulatoires. Elle est alors assez lente pour que l'observateur puisse assister à toutes ses phases. Pendant que certains globules semblent ainsi ne s'échapper que péniblement, on en rencontre d'autres qui sont déjà sortis et dont le passage paraît avoir été presque instantané. Ces faits, faciles à vérifier, attestent la diapédèse des hématies chez les têtards. Peut-être en est-il de même chez les Batraciens adultes; mais ce phénomène, chez eux, est difficile à reconnaître.

Lorsque le sang se ralentit dans les capillaires, il est facile de distinguer les globules blancs des hématies. On reconnaît les premiers non seulement à leur couleur et à leur forme sphérique, mais à leur structure. Il en est dont le

(1) Pl. VII, fig. 8 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

noyau n'offre aucune trace de segmentation, et d'autres dont le noyau commence à se diviser ou se trouve déjà partagé en trois ou quatre globulins. La prolifération des globules blancs se montre dès le début de la vie pour mettre le nombre des éléments figurés en rapport avec les exigences croissantes de la nutrition et du développement de l'organisme (1).

Les leucocytes, chez les Têtards, participent à la diapédèse des hématies. Mais comme leur nombre est relativement très peu considérable, leur sortie devient moins facile à étudier. J'ai pu voir, néanmoins, des globules blancs traverser les parois des capillaires. Tous les observateurs savent qu'ils se trouvent en rapport, le plus habituellement, avec ces parois, et qu'ils ne suivent pas le courant des globules rouges; situés entre ceux-ci et la surface des vaisseaux, ils progressent lentement, s'arrêtent souvent, puis se déplacent et rentrent encore dans l'immobilité, comme si une sorte de matière glutineuse les unissait à la paroi sur laquelle ils glissent. Leur diapédèse est du reste caractérisée par les mêmes phénomènes que celle des globules rouges (2).

2° *Sang des Têtards vu hors des vaisseaux. Diapédèse des noyaux, du protoplasma et de l'hémoglobine.* — Les globules rouges et blancs du sang des Têtards ne diffèrent pas de ceux des Batraciens adultes, lorsqu'on les soumet à l'action des réactifs que j'ai précédemment mentionnés. Mais sous l'influence de plusieurs poisons ils deviennent le siège de phénomènes très inattendus et bien étranges au premier aspect. On voit alors, suivant le poison qu'on emploie et selon la dose dont on fait usage : tantôt le noyau sortir lentement, passer à travers l'enveloppe, et tomber dans le liquide ambiant ; tantôt le protoplasma et le noyau s'échapper simultanément en masse. Quelquefois, c'est la matière colorante qui se répand dans le liquide de la préparation, sous forme pulvérulente. A la diapédèse des globules rouges viennent donc s'en joindre d'autres qui méritent chacune de nous arrêter un instant.

a. *Diapédèse du noyau.* — On peut faire usage, pour observer cette diapédèse, sur un têtard de grenouille de l'eau chloroformée, ou bien de l'acide cyanhydrique au 100e, ou bien encore du curare au 300e. Dans ce but, sur une goutte de sang du têtard, on dépose une goutte de l'un de ces trois

(1) Pl. VI, fig. 10.
(2) Pl. VII, fig. 11, 12, 13, 14.

poisons, et l'on étale les deux liquides en laissant tomber sur eux une mince lamelle de verre; puis on observe les phénomènes qui vont se produire. Dans l'espace d'une minute, on verra pâlir le protoplasma des globules rouges, et se dessiner très nettement leur noyau avec ses granulations. Sur un certain nombre de globules, le noyau reste immobile. Sur d'autres, il s'avance vers la périphérie, s'engage dans son enveloppe, la traverse lentement, sans se déformer et sans que celle-ci subisse la moindre modification; bientôt il ne lui adhère plus que par un point; et enfin s'en détache en conservant toujours sa forme très régulièrement arrondie (1).

Pour le têtard du crapaud les mêmes réactifs produisent les mêmes effets. Quelquefois cependant l'eau chloroformée reste insuffisante; et parfois aussi le curare doit être un peu moins dilué (2).

Je n'ai eu à ma disposition qu'un très petit nombre de têtards de triton, j'ai vu aussi sur ces têtards se produire la diapédèse des noyaux sous l'influence du curare au 400ᵉ et de l'acide cyanhydrique au 300ᵉ (3).

Cette diapédèse des noyaux peut être observée aussi sur de jeunes grenouilles, ou sur des grenouilles de petites espèces, comme les grenouilles à ventouses, et même sur certains crapauds encore peu développés. Mais le phénomène est plus lent à se produire, et souvent il n'a pas lieu.

b. *Diapédèse du protoplasma.* — L'eau chloroformée, l'acide cyanhydrique au 100ᵉ ou au 200ᵉ, et le curare a une dose variant du 200ᵉ au 600ᵉ produisent quelquefois sur les globules rouges des têtards un autre effet non moins surprenant que la diapédèse des noyaux. Ces réactifs déterminent souvent la rétraction en masse du protoplasma; on voit celui-ci se séparer de l'enveloppe des globules pour se porter vers le noyau avec lequel il se confond le plus habituellement; il forme une petite masse sphérique, festonnée sur son contour, et adhérente d'abord aux parois de la cavité qui la contient par les angles saillants des festons. Réduit à un volume qui surpasse à peine celui du noyau, il sort de l'hématie en le poussant au devant de lui, tantôt en l'englobant, tantôt en formant avec lui une sorte de gourde dont il constitue la grosse extrémité. Après sa sortie, l'hématie, extrêmement pâle et

(1) Pl. VI, fig. 12, 13, 14.
(2) Pl. VII, fig. 7.
(3) Pl. V, fig. 10.

vide, n'est plus représentée que par un mince trait circulaire, c'est-à-dire par son enveloppe. C'est principalement sur les têtards de la salamandre et du triton que l'on peut bien observer cette diapédèse du protoplasma. Pour en faciliter l'étude, j'ajoute ordinairement sur le bord de la lamelle qui recouvre la préparation une goutte d'acide acétique au 50e. Le phénomène devient alors plus manifeste. Ce complément de réactif n'est pas moins utile pour l'étude de la diapédèse des noyaux (1).

c. *Diapédèse de la matière colorante.* — En recouvrant les globules rouges d'une goutte d'acide cyanhydrique au 100e, particulièrement chez les têtards du triton, ce n'est quelquefois ni le protoplasma, ni le noyau qui sortent de l'hématie, mais seulement la matière colorante qui traverse, sous la forme de poussière, les parois de l'enveloppe et qui se répand dans le liquide ambiant. Dans ce cas, le liquide de la préparation chargé d'une innombrable quantité de granulations d'hémoglobine devient rouge ou rose, tandis que les hématies se décolorent en prenant un contour circulaire (2). Leur cavité contient seulement des granulations fines et transparentes de globuline, laquelle semble faire aussi éruption ; car il existe d'autres granulations tout à fait semblables sur le contour de l'enveloppe.

§ 4. — SANG DES REPTILES

L'appareil de la circulation chez les Reptiles est formé, comme chez les Batraciens, d'un organe central et de deux cercles, dont l'un a pour partie essentielle les capillaires pulmonaires et l'autre les capillaires généraux.

L'organe central, ou le cœur, se compose aussi de deux oreillettes et d'un ventricule. L'oreillette gauche reçoit le sang qui vient des poumons, ou sang artériel ; l'oreillette droite reçoit le sang veineux. Le ventricule n'offre encore qu'une seule cavité ; mais ses parois sont recouvertes de piliers charnus. Les extrémités libres de ces piliers, en se dirigeant vers son axe, constituent par leur ensemble une sorte de cloison dirigée de sa pointe vers

(1) Pl. V, fig. 9 et 11.
(2) Pl. V, fig. 12.

sa base. Il se trouve ainsi partagé en deux loges. La loge gauche, plus petite, reçoit le sang artériel et ne donne naissance à aucun vaisseau. La loge droite est le point de départ des artères pulmonaires et du tronc aortique, lequel se divise presque aussitôt en deux ou plusieurs crosses qui en se recourbant et s'unissant au-dessus de l'œsophage forment l'aorte.

Telle est la disposition qu'on observe chez les Chéloniens. Elle a pour résultat le mélange des deux sangs, celui de la loge gauche passant dans la loge droite à travers les aréoles de la cloison. Le mélange, cependant, n'est pas aussi complet que chez les Batraciens. M. Brucke a démontré que sous l'influence de conditions anatomiques spéciales les artères pulmonaires et la crosse aortique droite reçoivent surtout du sang noir et la crosse aortique gauche surtout du sang rouge (1). Mais les deux crosses communiquant à leur origine et s'unissant à leur terminaison, l'aorte contient à la fois du sang noir et du sang rouge. Le perfectionnement apporté à la circulation consiste donc, en définitive, dans la projection d'un sang presque exclusivement veineux vers les poumons, tandis que chez les Batraciens, ces organes ne recevaient qu'en petite quantité un mélange des deux sangs.

Chez les Ophidiens la cloison est constituée en général par une lame charnue et moins imparfaite par conséquent. Mais elle présente vers la base du ventricule un assez large orifice qui met les deux loges en communication ; c'est par cet orifice que le sang artériel passe de la loge gauche dans la loge droite. Chez eux aussi il y a mélange des deux sangs ; et ce mélange s'opère à peu près dans les mêmes conditions que chez les Chéloniens. Le sang qui se rend aux poumons est également veineux.

Chez plusieurs Sauriens la cloison interventriculaire rappelle celle des Ophidiens, et entraîne les mêmes conséquences physiologiques. Chez d'autres, elle divise le ventricule en deux cavités, qui ont chacune un orifice d'entrée ou auriculo-ventriculaire, et un ou deux orifices de sortie. La cavité gauche donne naissance à la crosse aortique correspondante. De la cavité droite, plus grande, partent la crosse aortique droite et les artères pulmonaires. Ici les deux sangs ne se mélangent plus dans le cœur ; mais ils se mêlent encore à la sortie de cet organe. Enfin dans la famille des Crocodiliens la cloison se complète. Il existe alors deux ventricules,

(1) Milne Ewards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée*, t. III, p. 415.

de même qu'il existe deux oreillettes. Les vaisseaux qui naissent de chacun des ventricules affectent. du reste, la disposition qui vient d'être signalée, en sorte que ce perfectionnement anatomique n'entraîne aucune modification du côté de la circulation et de la respiration. C'est encore un mélange des deux sangs que l'aorte porte aux capillaires généraux, d'où une nutrition générale moins active et une température égale à celle du milieu ambiant.

Comparé à celui des Batraciens, l'appareil circulatoire des Reptiles n'en diffère en résumé que par le cloisonnement, d'abord très imparfait puis tout à fait complet, du ventricule, et par les modifications accessoires qui ont pour effet d'envoyer aux organes de la respiration un sang presque exclusivement veineux. La respiration s'accomplit donc dans des conditions meilleures; de là une diminution très notable dans le nombre des globules blancs qui ne sont plus aux globules rouges que : : 1 : 150 ou 200. La segmentation des noyaux, la sortie des globulins, les diverses phases par lesquelles passent ceux-ci pendant leur développement, et enfin leur coloration, tous ces phénomènes successifs s'accélèrent en raison directe de l'activité respiratoire, c'est-à-dire en raison de la puissance de l'oxygénation.

Le système veineux rappelle celui des Batraciens. Ils possèdent aussi une veine porte rénale très développée.

Les éléments figurés du sang sont semblablement conformés et constitués dans les Ophidiens, les Sauriens et les Chéloniens. Mais les réactifs qui démontrent leur composition diffèrent selon les ordres.

A. *Sang des Ophidiens.*

J'ai observé le sang des Ophidiens sur l'orvet et la couleuvre. Je ne dirai rien des attributs extérieurs des globules rouges qui ressemblent à ceux de tous les autres reptiles, et qu'on peut observer si facilement avec l'acide osmique, le sérum iodé, etc., et même simplement dans le plasma sanguin. Je signalerai seulement les réactifs applicables à l'étude de la structure des hématies et des leucocytes.

Chez l'orvet, le noyau et les granulations des globules rouges réapparaissent sous l'action du sulfate de soude au maximum de saturation, auquel on ajoute une portion égale d'acide acétique ordinaire. On réussira encore alors

même que cet acide sera étendu d'une et même de deux parties d'eau distillée. Les globules blancs sont relativement rares; l'acide acétique au 75e en montre très bien les trois éléments (1).

Chez la couleuvre, on peut employer aussi, pour les hématies, le sulfate de soude uni à l'acide acétique; le noyau et les granulations du protoplasma se manifestent très rapidement. Le bichromate de potasse, combiné avec le sulfate de soude et l'acide acétique, donnera également de très bons résultats. On fait alors dissoudre 4 grammes de bichromate et 12 grammes de sulfate dans 500 grammes d'eau distillée; puis on ajoute à 30 grammes de cette solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés.

Ces proportions, du reste, peuvent être variées assez notablement : ainsi, pour la solution, on peut prendre 4 grammes de bichromate et 20 grammes de sulfate; ou bien encore 5 grammes du premier sel et 25 grammes du second; mais alors aux 30 grammes de la solution on ajoutera 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés au lieu de 15. On peut avoir recours encore à d'autres proportions qu'il me paraît inutile de donner, les précédentes suffisant pour le but qu'on se propose (2).

Les globules blancs sont sphériques, très granuleux, de volume inégal. L'acide acétique ordinaire au 75e met très bien en évidence les trois éléments qui les composent (3).

Parmi les couleuvres qui m'ont été remises, il en est une qui était pleine, longue et très volumineuse. Le mercredi 7 juin, j'excise son extrémité caudale assez près de l'orifice anal pour produire une abondante hémorrhagie. J'examine immédiatement le sang; les leucocytes sont extrêmement rares et d'aspect mûriforme. Le surlendemain vendredi, à neuf heures du matin, c'est-à-dire quarante-deux heures après la première excision, j'en fais une seconde et je trouve les globules blancs incomparablement plus nombreux; il en est de petits, de moyens, de volumineux. Dans beaucoup de ces globules, le noyau est segmenté; les globulins, encore contenus dans leur enveloppe commune ou déjà en voie d'éruption, sont remarquables par leur volume, supérieur à celui que présentent les globulins des crapauds, qui, cependant, l'em-

(1) Pl. VIII, fig. 7, 8, 9.
(2) Pl. VIII, fig. 1 et 2.
(3) Pl. VIII, fig. 3.

portent en général sur ceux des autres Batraciens. Quelques-uns de ces globulins qui ont si rapidement paru flottent par groupe ou isolément dans le liquide de la préparation, et se trouvent déjà entourés d'une enveloppe très distincte; le protoplasma seul fait encore défaut (1).

Cette expérience est importante par les conclusions très nettes qui en découlent. Elle prouve, d'une part, l'extrême rapidité avec laquelle s'opère la segmentation des noyaux; de l'autre, la rapidité non moins grande aussi avec laquelle les globulins sortent des leucocytes et parcourent la première phase de leur évolution. J'avais déjà observé dans mes expériences sur les crapauds, les grenouilles et les tritons des faits analogues. Mais celui-ci tire son intérêt particulier de la précision des faits, c'est-à-dire de la rareté bien constatée des globules blancs au moment de la première hémorrhagie, et de leur abondance, de leur manifeste prolifération, au moment de la seconde. Cette prolifération avait ici une double utilité : la vie de la mère et la vie d'une nouvelle génération; car dans son abdomen il n'y avait pas moins de quatorze œufs dont le grand axe atteignait un centimètre et demi, et presque arrivés par conséquent à leur complète évolution.

J'ai ouvert plusieurs de ces œufs pour en extraire le fœtus. Je le trouvais enroulé circulairement. Le cœur, très apparent, était animé de contractions rythmiques, et la circulation ombilicale déjà bien établie. Dans ces conditions, je pouvais me procurer assez de sang pour comparer celui du fœtus à celui de la mère. Les globules rouges étaient déjà parfaitement caractérisés; il m'a été facile de voir leur enveloppe, leur protoplasma et leur noyau; ces deux derniers éléments présentaient leurs granulations ordinaires (2). Traités par l'acide acétique au 500e, ils devenaient sphériques et laissaient voir aussi leurs trois parties constituantes. Les globules blancs se distinguaient par leur volume très considérable, presque double de celui des hématies; ils étaient, comparativement aux globules rouges, plus nombreux que chez la mère, d'une forme arrondie et d'une structure granuleuse. Les grosses granulations vésiculeuses qui formaient leur protoplasma cachaient le noyau; j'ai pu le mettre cependant en évidence (3).

(1) Pl. VIII, fig. 4.
(2) Pl. VIII, fig. 5.
(3) Pl. VIII, fig. 6.

La présence, très nettement constatée chez cet embryon de couleuvre, des deux ordres de globules, nous montre que, chez les Reptiles comme chez les Batraciens, le sang se constitue aux dépens des cellules primordiales qui se transforment les unes en globules blancs, les autres en globules rouges. Celles qui se transforment en leucocytes ne subissent qu'une très légère modification consistant dans l'accroissement de volume de leurs granulations. Celles qui se transforment en globules rouges subissent une modification inverse ; sous l'influence de l'oxygénation, leurs granulations s'amoindrissent et semblent disparaître ; mais elles persistent à l'état latent ; l'action des réactifs les remet aussitôt en lumière. On pourrait s'étonner, au premier aspect, que toutes les cellules primordiales destinées à former le sang ne se colorent pas. S'il en était ainsi, les globules rouges ne pourraient se multiplier, et ne seraient bientôt plus assez nombreux pour suffire aux nécessités d'un rapide développement : c'est pourquoi la formation des leucocytes coexiste toujours avec celle des hématies, les premiers ayant pour attribution essentielle de présider à la prolifération des éléments figurés.

B. *Sang des Sauriens.*

Les globules rouges de ces reptiles seront étudiés dans le plasma, le sérum iodé ou l'acide osmique, auxquels on peut joindre avec avantage l'acide acétique plus ou moins dilué. Mais cet acide les modifiant très notablement, il importe de les observer au début de son action.

Pour voir le noyau de ces globules et les granulations qui en font partie, on aura recours à un réactif ainsi composé :

Bichromate de potasse au 500ᵉ................	1	gramme.
Sulfate de soude au 100ᵉ.....................	48	—
Acide acétique étendu d'un égal volume d'eau..	1	—

La mise en évidence simultanée du noyau et des granulations du protoplasma réclame une action plus énergique. Après avoir fait dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 2 grammes de bichromate de potasse et 8 grammes de sulfate de soude, on ajoutera à 30 grammes de cette solution 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés.

C'est à l'aide d'un réactif analogue qu'on réussira à isoler l'enveloppe des globules : faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 1 gramme de

bichromate et 6 grammes de sulfate; puis ajoutez aussi à 30 grammes de la solution 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés (1). En déposant une goutte de ce réactif sur une gouttelette de sang, on voit le protoplasma se rétracter et un vide se produire entre son contour et l'enveloppe.

Les globules blancs sont faciles à découvrir au milieu des hématies. L'acide acétique ordinaire au 40e ou 50e les rend très évidents et permet aussi de distinguer sans peine les trois éléments qui contribuent à les former. Les uns sont gros et remplis de granulations vésiculeuses qui leur donnent un aspect sombre et framboisé; il en est d'autres qui offrent le même volume ou des dimensions moindres, mais qui ne contiennent que de rares et pâles granulations, en sorte qu'ils offrent plus de transparence; leur noyau devient alors très manifeste. Dans quelques-uns, ce noyau est divisé en deux, trois ou quatre globulins qu'entourent de très fines granulations (2).

Parmi les leucocytes et les hématies, on peut remarquer des globules qui se rapprochent des premiers, soit par leur transparence, soit par les granulations de leur noyau, et des hématies par leur forme et l'absence apparente de granulations dans leur protoplasma : ce sont des globules de transition qui ne tarderont pas à subir une transformation complète. Mais ce n'est pas dans le sang des Reptiles qu'il faut chercher ces globules en voie de transformation, parce qu'ils sont relativement très rares. Les Batraciens et les Poissons cartilagineux, sous ce rapport, méritent la préférence.

C. *Sang des Chéloniens.*

Les réactifs qui permettent d'observer les globules rouges chez les lézards, dans leurs caractères extérieurs, permettront aussi d'étudier au même point de vue ceux de la tortue.

Pour l'étude de leur composition, un grand nombre de solutions peuvent être utilisées. Je me bornerai à recommander les suivantes :

1° Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 1 gramme de bichromate de potasse, et 6 grammes de sulfate de soude, puis mêlez à 30 grammes de cette solution 15 grammes d'acide acétique ordinaire;

(1) Pl. VIII, fig. 10, 11, 12, 13.
(2) Pl. VIII, fig. 14 et 15.

2° Ajoutez à une partie de sulfate de soude au maximum de saturation deux parties d'acide acétique ordinaire préalablement étendu d'un égal volume d'eau. Ce dernier réactif surtout est excellent. Pendant son action, on voit apparaître les granulations du noyau et toutes celles du protoplasma. La préparation est belle et surtout d'une grande netteté.

Les globules blancs, assez rares, sont arrondis, de volume un peu inégal et d'aspect mûriforme pour la plupart. L'acide acétique à des degrés très différents de dilution, permet de les distinguer au milieu des globules rouges, et de reconnaître les granulations de leur protoplasma et celles de leur noyau. Celui-ci est rarement segmenté (1). Pour le voir en état de segmentation, il faut produire des hémorrhagies répétées. Sur une tortue j'excise, le 2 avril 1880, l'un des membres postérieurs; l'écoulement de sang est assez considérable. Le lendemain 3, excision du second membre postérieur; je ne trouve pas encore de noyaux en voie de segmentation. Le 4 avril, je coupe l'un des membres déjà amputés un peu plus haut; le nombre des globules blancs a augmenté, mais je ne constate pas de prolifération évidente. Cette première expérience ne m'a donc donné que des résultats à peu près nuls.

Le 12 avril, j'ampute l'un des membres postérieurs sur une autre tortue; j'aperçois des globules blancs, mais peu nombreux : leur noyau n'est pas segmenté. Le 13, je provoque une nouvelle hémorrhagie : les leucocytes se montrent en plus grand nombre; quelques-uns présentent un noyau divisé en deux ou trois globulins. Le 15, troisième hémorrhagie; très nombreux globules blancs; dans quelques-uns, le noyau s'est divisé; mais ces leucocytes en voie de prolifération sont en minorité. Dans cette seconde expérience, j'ai donc obtenu des résultats analogues à ceux qu'on obtient dans les mêmes conditions chez les Batraciens. Je m'empresse de reconnaître qu'ils sont moins satisfaisants. Chez les Reptiles, la segmentation provoquée des globules blancs est toujours beaucoup plus difficile à déterminer que chez les tritons, les grenouilles et les crapauds. Mais enfin on peut la déterminer et elle confirme les faits généraux précédemment exposés.

En multipliant les observations et les expériences, on réussit donc à constater chez les Reptiles, comme dans les deux classes plus inférieures des

(1) Pl. VIII, fig. 18.

Vertébrés, que les leucocytes prolifèrent et que, sous l'influence de l'oxygénation, ils se modifient graduellement et finissent aussi par se transformer en hématies (1).

§ 4. — Sang des oiseaux.

L'appareil de la circulation chez les Oiseaux acquiert de nouveaux perfectionnements qui le distinguent de celui des Vertébrés à sang froid, et qui le rapprochent beaucoup de celui des Mammifères. La cloison ventriculaire est aussi complète que celle des Crocodiliens. Mais chez ces reptiles, les deux sangs se mêlaient encore à leur sortie du cœur et dans le tronc aortique. Chez les Oiseaux, le canal que parcourt le sang rouge, et celui qui contient le sang noir restent indépendants sur toute l'étendue de leur trajet. Le premier est pourvu d'un cœur à parois épaisses qui reçoit le sang venu des poumons et qui le projette vers les capillaires généraux. Le second est muni d'un cœur à parois minces qui est l'aboutissant du système veineux général et le point de départ de l'artère pulmonaire. Les deux cœurs se juxtaposent en s'unissant étroitement. Des valvules très complètes occupent les orifices situés à la base des ventricules et à l'origine des troncs qui en partent. Les forces qui président à la progression du liquide nourricier sont donc ici parfaitement centralisées, et la totalité de ce liquide passe par les poumons. La respiration s'opère ainsi dans les meilleures conditions. L'oxygénation du sang est d'autant plus active que les contractions du cœur et les mouvements respiratoires s'accélèrent simultanément. Cette oxygénation plus parfaite a pour effet de diminuer encore le nombre des globules blancs, ceux-ci parcourant toutes les périodes de leur évolution et de leur transformation avec plus de rapidité.

On pourrait s'étonner que des conditions si favorables ne modifient pas plus profondément les éléments figurés du sang. Parvenus au terme de leur développement, les globules rouges conservent leur forme elliptique et leurs grandes dimensions; ils ressemblent par conséquent à ceux de tous les animaux à sang froid et diffèrent au contraire beaucoup de ceux des Mammifères. Pourquoi cette différence? C'est dans les organes de l'hématose qu'il faut en chercher la raison. Les poumons des oiseaux sont

(1) Pl. VIII, fig. 19.

très petits, se dilatent peu, et ne reçoivent dans leur trame aérifère qu'une minime quantité d'air. Chez les Mammifères, ces organes, loin de rester concentrés sur les côtés du rachis se prolongent jusqu'au sternum; ils entourent le cœur de tous côtés, se dilatent largement et contiennent une masse d'air, toute proportion gardée, beaucoup plus considérable.

L'action de l'hématose n'est donc pas égale dans les deux classes; elle est, comparativement, beaucoup plus grande chez les Mammifères. De là le volume énorme des globules rouges chez les Oiseaux, le protoplasma conservant chez eux les dimensions prédominantes qu'il nous offre chez les Reptiles, les Batraciens et les Poissons; de là aussi leur petitesse si remarquable chez les vivipares, ce protoplasma disparaissant en grande partie, et la prédominance passant du côté du noyau.

De ces considérations, comme de toutes celles qui précèdent, il résulte donc que l'appareil de la circulation est sans action sur les éléments figurés du sang; c'est l'appareil de la respiration qui les tient sous son influence; c'est par l'oxygénation, en un mot, qu'ils se modifient : si celle-ci est faible, ils restent à l'état de globules blancs; plus active, ils passent à l'état de globules rouges, mais le protoplasma conserve encore ses grandes dimensions; énergique, ils passent non seulement à l'état d'hématies mais le protoplasma s'efface pour laisser le premier rôle au noyau :

Hématies essentiellement constituées par le protoplasma, tel est le trait caractéristique du sang chez les ovipares;

Hématies essentiellement représentées par le noyau, tel est celui qui caractérise ce liquide chez les Mammifères et chez l'Homme.

Les réactifs utiles pour l'étude du sang des oiseaux diffèrent selon les tribus, les familles et les genres. Je ferai connaître ceux qui s'appliquent aux Gallinacés, aux Palmipèdes et aux Passereaux.

A. *Sang des Gallinacés* (*poule*).

Le sérum iodé et l'acide osmique permettront de reconnaître la forme aplatie des globulins rouges, leur contour elliptique et leurs dimensions. On peut même, pour l'étude de tout ce qui se rattache à leur nombre et à leur mode de conformation, les observer simplement dans le plasma (1).

(1) Pl. IX, fig. 1.

Le noyau de ces globules est allongé elliptique, et très granuleux. L'acide acétique au 60e le montre immédiatement, ainsi que ses granulations, en les décolorant (1).

Pour constater la situation périphérique du noyau, on aura recours au réactif suivant :

Bichromate de potasse au 500e....	5	grammes.
Sulfate de soude au 100e..........	40	—
Acide acétique ordinaire..........	5	—

Sous l'influence de ce réactif les globules rouges prennent une forme très régulièrement sphérique et leur noyau devient aussitôt bien apparent. Dans ces conditions, il est assez facile de les faire tourner autour de leurs divers axes et de remarquer que le noyau monte et descend tour à tour lorsqu'ils tournent autour d'un axe perpendiculaire au plan de sustentation, ou passe de gauche à droite et de droite à gauche, lorsqu'ils tournent autour d'un axe parallèle à ce plan.

Granulations du protoplasma. — Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 3 grammes de bichromate de potasse et 9 grammes de sulfate de soude ; puis ajoutez à 30 grammes de cette solution 10 grammes d'acide acétique à 90 degrés (2).

Les globules blancs, peu nombreux, sont sphériques et moins volumineux que les globules rouges. Ils se présentent, comme dans toutes les autres classes, sous trois états différents : quelques-uns contiennent de grosses granulations vésiculeuses qui leur donnent l'aspect framboisé ; d'autres ne renferment que de fines granulations plus rares, et leur noyau est alors très manifeste. Sur d'autres, ce noyau est en voie de segmentation. L'acide acétique pour ces globules est le réactif par excellence (3).

Sur un poulet, au septième jour de l'incubation, j'ai voulu comparer les deux ordres de globules. Les hématies offraient un noyau arrondi, très évident. Les globules blancs, plus volumineux que les rouges, contenaient un noyau sphérique plus gros aussi que celui des globules rouges ; quelques-uns étaient déjà en voie de prolifération (4).

(1) Pl. IX, fig. 2.
(2) Pl. IX, fig. 3 et 4.
(3) Pl. IX, fig. 5, 7 et 8.
(4) Pl. IX, fig. 6.

B. *Sang des Palmipèdes* (*canard*).

Chez les Palmipèdes les globules rouges sont un peu plus volumineux que chez les Gallinacés. Le sérum iodé et l'acide osmique montrent très bien leur conformation.

Leur noyau est elliptique et très allongé ; il mesure presque toute la longueur de leur grand axe. L'acide acétique au 50ᵉ le met immédiatement en évidence avec ses granulations.

Granulations du protoplasma. — Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 2 grammes de bichromate de potasse et 10 grammes de sulfate de soude. Ajoutez ensuite à 30 grammes de cette solution 10 grammes d'acide acétique à 90 degrés ; ou bien encore ajoutez à une partie de sulfate de soude au maximum de saturation, une partie d'acide acétique ordinaire (1).

Les globules blancs sont conformés comme ceux des Gallinacés. Leur protoplasma se compose, pour les uns, de grosses granulations vésiculeuses qui cachent plus ou moins le noyau, et pour les autres, de granulations fines qui le laissent très clairement voir. Il en est aussi qui sont en voie de segmentation (2).

C. *Sang des Passereaux.*

Les globules rouges du sang des Passereaux sont un peu plus petits que ceux des Palmipèdes et des Gallinacés, mais affectent du reste le même mode de conformation ; je les ai observés chez le moineau et le corbeau.

Leur noyau est très allongé aussi ; l'acide acétique au 50ᵉ et le curare au 200ᵉ le mettent très bien en évidence. On le verra bien également en immergeant les globules dans une goutte de la solution suivante :

Bichromate de potasse au 500ᵉ............	5	grammes.
Sulfate de soude au 100ᵉ..................	40	—
Acide acétique ordinaire..................	5	—

Immergés dans ce réactif, les globules rouges passent de la forme elliptique à la forme sphérique ; et en leur imprimant un mouvement de rotation

(1) Pl. IX, fig. 9, 10, 11 et 12.
(2) Pl. IX, fig. 13 et 14.

lente, on voit que le noyau tourne autour de leur axe et répond à l'enveloppe dans laquelle il se trouve englobé.

Pour constater l'existence des granulations du protoplasma, on fera usage de la solution qui démontre celles des globules rouges des Palmipèdes et qui a été précédemment formulée (1).

Les globules blancs du sang des Passereaux ne diffèrent pas de ceux qu'on observe chez les autres. oiseaux; l'acide acétique démontre aussi les trois éléments dont ils sont composés (2).

L'étude comparative des éléments figurés du sang dans les différents ordres d'Oiseaux permet d'observer toutes les phases de leur évolution et de reconnaître dans cette classe, comme nous l'avons reconnu déjà dans les Reptiles, les Batraciens et les Poissons, que les leucocytes, en se chargeant d'hémoglobine, passent à l'état de globules rouges (3).

§ 6. — SANG DES MAMMIFÈRES.

Nous avons vu précédemment que l'appareil circulatoire des Mammifères est constitué sur le même type que celui des Oiseaux. Les deux grands canaux qui s'étendent, l'un des poumons vers les capillaires généraux, et l'autre de ces capillaires vers les poumons sont aussi entièrement indépendants, et pourvus chacun d'un cœur à deux loges.

Nous avons reconnu également que, si les deux premières classes de Vertébrés se ressemblent par l'appareil dans lequel le sang circule, elles diffèrent par celui dans lequel il vient se régénérer. Peu développés, les organes de l'hématose chez l'oiseau ne modifient que faiblement les éléments figurés du sang. Atteignant une ampliation beaucoup plus considérable chez les Mammifères, offrant chez ceux-ci une surface incomparablement plus étendue, ils lui impriment une modification profonde qui a pour effet de réduire si notablement le protoplasma des globules rouges, que ceux-ci ne sont plus représentés en quelque sorte que par leur noyau.

Le but suprême que se propose la nature en perfectionnant de plus en

(1) Pl. IX, fig. 15, 16 et 17.
(2) Pl. IX, fig. 18.
(3) Pl. IX, fig. 19.

plus les appareils de la circulation et de la respiration, est donc de ramener les éléments figurés, lorsqu'ils sont parvenus au terme de leur évolution, à l'état d'un simple noyau entouré d'une mince couche de protoplasma et protégé par une enveloppe plus mince encore. En même temps qu'elle réduit le volume des globules rouges, elle les multiplie en raison directe de leur petitesse. Leur amoindrissement se trouve ainsi compensé par le nombre; ils sont pour ainsi dire pulvérisés plutôt que diminués; et cette sorte de pulvérisation leur permet d'arriver jusqu'aux particules élémentaires de l'organisme : d'où, entre celles-ci et le sang, des échanges plus faciles, plus rapides, plus complets; d'où aussi, en faveur de ces particules, une vitalité plus grande pour les organes qu'elles concourent à former, un surcroît d'activité, et pour tout l'organisme la possibilité d'atteindre des proportions interdites aux animaux des classes inférieures.

Les globules rouges des Mammifères sont arrondis, aplatis, légèrement déprimés sur chacune de leurs faces, et d'aspect homogène. Leur mode de conformation avait déjà été bien observé par M. Prévost et par M. J.-B. Dumas, alors simple élève à Genève, et au début d'une carrière qui devait être si brillante. Les deux observateurs s'expriment ainsi : « Nous pensons » que la matière colorante forme une espèce de vessie membraneuse dans » laquelle ces petites sphères sont renfermées. Cette vessie est déprimée » dans l'état ordinaire, de manière que l'assemblage prend la forme d'une » pièce de monnaie (1). » Cette comparaison donne une idée d'autant plus exacte de la forme des hématies qu'elles ont une grande tendance à se superposer et qu'elles représentent alors des piles de pièces de cinq francs, ainsi que l'ont fait remarquer tous les observateurs, après MM. Prévost et Dumas.

Cependant les globules rouges ne présentent pas chez tous les Mammifères cette forme discoïde. M. Mandl a constaté que chez le chameau ils sont elliptiques; d'après les recherches du même auteur, ils offrent une configuration semblable dans le lama.

Je ne crois pas devoir m'arrêter à décrire les attributs extérieurs de ces globules qui ont été observés par un très grand nombre d'auteurs et qui sont

(1) Prévost et Dumas, *Examen du sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie* (*Bibl. univ. des sciences de Genève*, 1821, t. XVII, p. 215, et *Annales de chimie*, 1821, t. XVIII, p. 287).

aujourd'hui bien connus. Mais je m'attacherai à faire connaître leur structure et les réactifs qui la mettent hors de toute contestation. Comme la formule de ceux-ci diffère pour les divers ordres de Mammifères, j'examinerai successivement le sang des Solipèdes, des Ruminants, des Pachydermes, des Rongeurs et des Carnassiers.

A. *Sang des Solipèdes.*

Parmi les Solipèdes, j'ai choisi le cheval; les procédés d'étude que je vais mentionner lui sont donc spécialement applicables.

1° *Granulations des globules rouges.* — Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 20 grammes de sulfate de soude; puis ajoutez à 30 grammes de cette solution 10 grammes d'acide acétique à 90 degrés. Pour faire apparaître les granulations, on met sur le porte-objet une goutte de sang de cheval et une goutte du réactif; on mélange ensuite les deux liquides d'une manière intime par voie de frottement (1).

2° *Noyau, protoplasma et enveloppe de ces globules.* — Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 6 grammes de bichromate de potasse et 4 grammes de sulfate de soude; ajoutez ensuite à 49 parties de cette solution une partie d'acide acétique ordinaire; puis, après avoir déposé sur la lame de verre une goutte de sang et une goutte de ce réactif, mélangez les deux liquides en frottant le porte-objet avec un agitateur. La réaction s'opère instantanément; on distingue aussitôt et très nettement dans chaque globule son enveloppe, son noyau, et son protoplasma formant autour du noyau une mince couche. Le noyau présente une couleur rouge brun; il est granuleux et se continue par un point de sa surface avec l'enveloppe. Ce point de continuité est aussi très manifeste; il se dessine sous la figure d'une petite plaque circulaire lorsqu'il répond au centre de l'hémisphère supérieure de l'enveloppe, et ovalaire lorsqu'il répond à son bord. Au début de la réaction c'est d'abord l'enveloppe qui s'isole; puis au niveau du point par lequel elle se continue avec le noyau, on voit la substance de celui-ci qui s'échappe sous la forme d'un jet de vapeur; et à mesure qu'elle s'écoule au dehors le volume du noyau diminue de plus en plus; il

(1) Pl. X, fig. 2 et 3.

finit par se réduire à un simple point, lequel disparaît à son tour, en sorte que le globule n'est plus représenté alors que par son enveloppe.

Le protoplasma offre une coloration d'un rouge pâle, bien différente de celle du noyau toujours plus ou moins foncée. Il accompagne celui-ci dans son retrait et s'échappe par la même voie molécule à molécule. L'enveloppe, pendant l'éruption de l'un et de l'autre, reste absolument intacte ; et lorsqu'elle se trouve réduite à elle-même, elle conserve son contour circulaire et sa complète intégrité. Ces phénomènes paraissent assez étranges au premier aspect. Mais ils sont manifestes et fort intéressants à observer et à suivre dans leur succession. Nous allons les voir se reproduire invariablement dans toute la série des Mammifères et chez l'Homme (1).

Ils démontrent la composition intime des hématies, en mettant leurs trois parties constituantes en pleine évidence. Leur analogie de constitution avec les leucocytes, dont ils proviennent, se trouve ainsi bien établie ; car elles n'en diffèrent plus que par la coloration de leur noyau et de leur protoplasma. Cette dernière différence, du reste, peut être facilement supprimée, en les lavant avec quelques gouttes d'acide acétique à 75 degrés, c'est-à-dire en les frottant sur le porte-objet, après les avoir inondés de ce liquide. Si un premier lavage ne suffit pas, un second complétera la décoloration. Rien de plus intéressant alors que de les comparer aux globules blancs ; ils n'en diffèrent plus : même couleur, même aspect, même structure. Les globules rouges qui, dans la première moitié de leur évolution, étaient de simples globules blancs, sont revenus à leur état primitif ; des phénomènes de nature chimique, se produisant sous l'influence de l'oxygénation, les avaient métamorphosés au point de les rendre méconnaissables ; d'autres phénomènes du même ordre, s'accomplissant sous l'influence des réactifs et déterminant des effets inverses, détruisent l'œuvre de l'oxygénation, le masque de la métamorphose tombe et le globule reparaît sous les traits qui le caractérisaient dans son jeune âge (2).

Le réactif dont je viens d'exposer les résultats suffit assurément pour bien voir l'enveloppe des hématies. Voici cependant un autre procédé qu'on pourra utiliser dans le même but : faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 3 grammes de sulfate de soude ; puis

(1) Pl. X, fig. 5.

(2) Pl. X, fig. 6. Comparez cette figure 6 avec la figure 7 qui représente les globules blancs chez le cheval.

ajoutez à 20 parties de cette solution 1 partie d'acide acétique ordinaire, et déposez une goutte de ce réactif sur une gouttelette de sang. le noyau et le protoplasma se désagrègent alors et s'échappent moléculairement à travers l'enveloppe qui bientôt se trouve vide, contenant seulement dans l'épaisseur de ses parois les dernières granulations qui la traversent (1).

Les globules blancs sont assez nombreux chez le cheval. En déposant sur une goutte de sang une grosse goutte d'acide acétique au 50e, et recouvrant ensuite la préparation avec une mince lamelle, on voit les hématies pâlir très rapidement, puis les leucocytes apparaître au premier plan et se dessiner dans tous leurs détails. Rien de plus facile alors que de les comparer entre eux, car leurs trois éléments sont très distincts. Parmi ceux qui flottent dans le liquide de la préparation, il en est beaucoup dont le noyau est divisé en deux, trois ou quatre très petits globulins. Ces globules en voie de prolifération restent isolés sur certains points. Mais ils ont une grande tendance à se grouper; ils forment même parfois des groupes très considérables et fort remarquables par la situation des globulins qui tous se dirigent vers le centre du groupe, en sorte que les enveloppes, en grande partie vides, forment autour de cette partie centrale, une série de cercles concentriques. Afin de rendre plus apparents ces groupes de globules proliférants, je dépose quelquefois sur le bord de la petite lamelle une goutte d'alcool au 100e, qui a pour avantage de donner plus de netteté aux globules et globulins. Les observateurs qui ont vu ces globulins n'avaient pas réussi à distinguer l'enveloppe des globules, et les connexions qui unissent les uns aux autres leur ont ainsi échappé (2).

Afin de compléter le parallèle des globules rouges et des globules blancs au double point de vue de leur volume et de leur composition, il convient de les traiter simultanément par l'acide acétique à 75 degrés. Les hématies pâlissent beaucoup sans disparaître; le noyau des leucocytes rougit; et l'on constate très bien dans ces conditions que le noyau des globules blancs égale le volume des hématies (3). En présence d'une semblable égalité, la transformation des premiers s'explique sans efforts. Que faut-il pour qu'elle se produise? Il suffit que l'enveloppe se rapproche et vienne s'appliquer au noyau;

(1) Pl. X, fig. 4.
(2) Pl. X, fig. 7, 8, 9 et 10.
(3) Pl. X, fig. 11.

or, ce rapprochement lui est d'autant plus facile que le protoplasma a déjà, en grande partie, disparu. Ainsi appliqué au noyau qui rougit sous l'influence de l'oxygénation comme sous l'influence de l'acide acétique concentré, ce n'est plus un leucocyte, c'est une hématie; ou bien encore c'est un leucocyte parvenu au terme de son développement.

Dans le but de produire artificiellement cette transformation des leucocytes, j'avais eu la pensée d'injecter les globules blancs d'un cheval dans les veines d'un oiseau, et j'avais choisi le canard qui, par le volume de ses vaisseaux, se prête assez bien à cette expérience. M. Colin, auquel je m'étais adressé, en le priant de me prêter son concours, avait mis à ma disposition un jeune cheval; et avec une extrême obligeance pour laquelle je lui exprime ici toute ma vive gratitude, il avait bien voulu en outre ouvrir dans la région cervicale un gros tronc lymphatique, et recueillir la lymphe qui s'en écoulait. Mais cette lymphe se coagulait presque immédiatement dans le tube collecteur; et lorsqu'on exprimait le caillot, le plasma seul s'en dégageait; les leucocytes restaient emprisonnés dans son épaisseur. Nous avons injecté, cependant, dans une des grosses veines du cou le liquide ainsi obtenu par voie de malaxation du coagulum. Le canard est mort six jours après l'injection avec les symptômes apparents de la résorption purulente, tremblant sur ses membres comme un malade subitement pris d'un violent frisson. A l'autopsie je ne trouvais pas les hématies discoïdes que j'aurais dû rencontrer dans le sang si mes globules blancs s'étaient réellement transformés en globules rouges. Cette expérience ne m'a donc donné qu'un résultat négatif.

M. Colin, après avoir reconnu, comme moi, que nous avions expérimenté dans de mauvaises conditions, a bien voulu me proposer de recommencer notre expérience en faisant passer immédiatement la lymphe du cheval dans les veines d'un palmipède ou d'un gallinacé. C'est ainsi, en effet, qu'il faudra procéder. Mais pressé par le temps de terminer ce travail que je poursuis depuis deux ans, je ne puis que le remercier de son obligeante et bienveillante proposition. Si des expériences mieux conduites doivent donner de meilleurs résultats, je lui en laisse tout le mérite et je serais le premier à l'en féliciter. Je dois ajouter cependant (1) que des expé-

(1) Prévost et Dumas, *Examen du sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie* (*Annales de chimie et de physique*, t. XVIII, 1821, p. 295).

riences analogues faites par MM. Prévost et Dumas, en 1821, et les judicieuses remarques de ces auteurs ne sont pas de nature à encourager le physiologiste qui voudrait les renouveler ; ils s'expriment ainsi : « Si l'on injecte du sang à globules circulaires dans un oiseau, l'animal meurt ordinairement au milieu d'accidents nerveux très violents : c'est ainsi qu'est mort en effet celui sur lequel j'ai expérimenté.

B. *Sang des Ruminants.*

Deux ruminants ont servi à mes recherches, le bœuf et le mouton. Je ferai d'abord connaître les réactifs qui s'appliquent au sang du bœuf.

1° *Granulations des globules rouges.* — Faites dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 2 grammes de bichromate de potasse et 12 grammes de sulfate de soude; puis ajoutez à 30 grammes de la solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés. Deux ou trois gouttes de ce réactif mêlées à une goutte de sang, en frottant sur le porte-objet, font réapparaître aussitôt les granulations des hématies. Ce même réactif est bon aussi pour le sang du mouton.

En lavant ces hématies granuleuses avec un mélange d'une partie de sulfate de soude au maximum de saturation et de deux parties d'acide acétique on les décolore chez le bœuf et le mouton, de même que chez le cheval. On reconnaît ainsi que les granulations ne sont pas le résultat de l'oxygénation des globules; elles sont inhérentes à la globuline; elles survivent, en d'autres termes, à leur transformation, ou mieux encore elles ne sont autre chose que les granulations des globules blancs qui persistent à l'état latent dans les globules rouges (1).

2° *Noyau, protoplasma et enveloppe des hématies.* — On dissout dans 500 grammes d'eau distillée 12 grammes de bichromate de potasse et 2 grammes de sulfate de soude, puis on ajoute à 20 grammes de cette solution 5 grammes d'acide acétique ordinaire, et l'on mêle à une goutte de sang plusieurs gouttes de ce réactif : dans le court espace de quelques minutes et parfois presque aussitôt, les trois parties constituantes des globules rouges deviennent très distinctes (2).

(1) Pl. X, fig. 12, 13, 16 et 17.
(2) Pl. X, fig. 14.

Pour le sang du mouton on ajoutera à 25 grammes de la même solution 5 grammes d'acide acétique ordinaire (1).

En lavant largement la préparation avec l'acide acétique à 75 degrés, on ramènera les globules rouges à l'état de globules blancs.

En traitant une goutte de sang de bœuf ou de mouton par ce même acide à 75 degrés, on verra aussi rougir le noyau des leucocytes et l'on reconnaîtra que son volume ne diffère pas du volume des hématies.

Les globules blancs des Ruminants se comportent, sous l'action de l'acide acétique au 50e, comme ceux des Solipèdes. Il convient, du reste, pour l'étude complète de ces globules, de faire varier le degré de dilution depuis le 25e jusqu'au 500e ou 600e. Les hématies disparaissant, on observera dans le liquide de la préparation des leucocytes framboisés à noyau peu distinct ou invisible, et d'autres plus transparents dont les trois éléments sont très manifestes. On rencontrera aussi des globules dont le noyau est segmenté, et des globulins en voie d'éruption ou déjà sortis et en voie d'accroissement (2).

C. *Sang des Pachydermes.*

Parmi les Pachydermes, le porc est celui dont nous pouvons le plus facilement nous procurer le sang. L'état granuleux de ses globules rouges et la structure de ceux-ci exigent pour leur étude l'emploi de procédés très différents.

Granulations des globules rouges. — 1° Faire dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 30 grammes de sulfate de soude ; 2° ajouter à 3 parties de cette solution 2 parties d'acide acétique à 90 degrés ; 3° recouvrir une goutte très petite de sang de deux ou trois gouttes de ce réactif, et frotter ensuite le mélange sur le porte-objet à l'aide d'une tige de verre (3).

Noyau, protoplasma et enveloppe de ces globules. — 1° Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 12 grammes de bichromate de potasse et 6 grammes de sulfate de soude ; 2° ajouter à 19 parties de cette solution une partie d'acide acétique ordinaire ; 3° mêler quelques gouttes de ce réactif

(1) Pl. X, fig. 18.
(2) Pl. X, fig. 15 et 19.
(3) Pl. XI, fig. 1 et 2.

à une goutte de sang en frottant le mélange sur le porte-objet. Dans le court espace d'une minute et quelquefois immédiatement, le noyau se rétracte et l'on voit le point par lequel il adhère à l'enveloppe, ainsi que le protoplasma de couleur plus claire qui l'entoure. On remarque aussi le jet contourné et pulvérulent qui part du noyau et qui a pour résultat le retrait graduel de celui-ci, puis sa disparition totale. Au bout de quelques minutes, un assez grand nombre de globules vides flottent dans le champ de la préparation ; et tous ces globules vides, c'est-à-dire toutes ces enveloppes sont absolument intactes. Le noyau et le protoplasma, en les traversant sous la forme d'un jet de poussière, ne lui font subir aucune altération (1).

Décoloration des hématies. — Pour décolorer les hématies dont les granulations ont reparu, on les lavera sur le porte-objet avec le réactif suivant : sulfate de soude au maximum de saturation, 1 partie ; acide acétique, 2 parties. Pour les hématies dont les trois éléments sont distincts on préférera l'acide acétique à 75 degrés. Ce même acide sera aussi employé pour colorer le noyau des leucocytes et pour constater que ce noyau présente un volume égal à celui des globules rouges (2).

Globules blancs. — On fera usage d'abord de l'acide acétique au 50e, et ensuite de ce même acide beaucoup plus dilué. Il montre très bien toutes les variétés de ces globules et leur composition, ainsi que la segmentation de leur noyau et le passage des globulins à travers leur enveloppe (3).

En observant les deux ordres de globules, on arrivera finalement à reconnaître tous les états transitoires par lesquels passent les leucocytes pour se transformer en globules rouges (4).

D. *Sang des Rongeurs.*

Trois rongeurs ont été l'objet de mes recherches, le lapin, le cochon d'Inde et le rat. Voici les réactifs applicables au sang du lapin.

1° *Granulations des hématies.* — 1° Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 2 grammes de bichromate de potasse et 12 grammes de sulfate de soude ;

(1) Pl. XI, fig. 5.
(2) Pl. XI, fig. 3, 6 et 8.
(3) Pl. XI, fig. 7.
(4) Pl. XI, fig. 9.

2° ajouter à 30 grammes de la solution 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés; 3° recouvrir une goutte de sang de deux ou trois gouttes de ce réactif, et bien mélanger les deux liquides à l'aide d'un agitateur. En se conformant à ces données, on fera réapparaître instantanément toutes les granulations du protoplasma chez les trois rongeurs précédemment mentionnés. En lavant ensuite les hématies granuleuses avec une solution composée de 1 partie de sulfate de soude au maximum de saturation et de 2 parties d'acide ordinaire, on décolorera ces globules (1).

2° *Noyau, protoplasma, enveloppe de ces globules.* — Les mêmes réactifs seront utilisés pour mettre en évidence les trois parties qui contribuent à former les hématies; mais les principes qui les composent devront être différemment associés pour le lapin, le cochon d'Inde et le rat.

a. *Lapin.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 6 grammes de bichromate de potasse, 4 grammes de sulfate de soude, et ajouter à 34 parties de cette solution 1 partie d'acide acétique ordinaire. La réaction est presque instantanée. Après avoir observé la structure des globules rouges, on les lave avec l'acide acétique à 75 ou 90 degrés, et on les ramène ainsi complètement à l'état de globules blancs (2).

b. *Cochon d'Inde.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse, 3 grammes de sulfate de soude et ajouter à 34 parties de la solution 1 partie d'acide acétique ordinaire (3).

c. *Rat.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 6 grammes de bichromate de potasse, 3 grammes de sulfate de soude et ajouter à 24 grammes de la solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire. Le réactif ainsi composé montre très bien les trois parties qui forment les globules rouges. Pour obtenir la sortie complète du noyau et du protoplasma en réduisant ces globules à leur seule enveloppe, on aura recours à la combinaison suivante : dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 4 grammes de bichromate de potasse et 24 grammes de sulfate de soude; ajouter ensuite à 30 grammes de la solution 20 grammes d'acide acétique à 90 degrés (4).

3° *Parallèles des hématies et des leucocytes.* — Déposer sur une goutte de

(1) Pl. XI, fig. 10 et 11, 15 et 16, 19 et 20.
(2) Pl. XI, fig. 12 et 13.
(3) Pl. XI, fig. 17.
(4) Pl. XI, fig. 21.

sang de rongeur une goutte d'acide à 75 ou 90 degrés ; aussitôt les globules rouges pâlissent, et après une ou deux minutes d'attente, les noyaux des leucocytes prennent une couleur rouge bien prononcée (1).

4° *Globules blancs.* — Avec l'acide acétique au 50e, mais dont la solution pourra être, avec avantage aussi, plus ou moins diluée, on observera sans peine ces globules dans leurs principales variétés d'aspect. Dans le sang des Rongeurs, dans celui surtout du cochon d'Inde et du rat, les leucocytes sont souvent le siège d'une prolifération très active. Pour l'étude de la segmentation des noyaux et de l'éruption graduelle des globulins, ce sang est donc utile. Celui du cheval cependant est préférable, parce que les globulins sont notablement plus gros (2).

E. *Sang des Carnassiers.*

J'ai observé les deux ordres de globules du sang chez trois carnassiers, le chien, le chat et le hérisson.

1° *Granulations du protoplasma.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 20 grammes de sulfate de soude; ajouter à 30 grammes de la solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés; puis recouvrir une goutte de sang de deux ou trois gouttes de ce réactif en frottant le mélange sur le porte-objet à l'aide d'un agitateur. Ce procédé est applicable aux trois carnassiers précédemment nommés (3).

2° *Noyau, protoplasma et enveloppe des globules rouges.* — La composition du réactif diffère pour chacun de ces carnassiers.

a. *Chien.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 2 grammes de sulfate de soude; ajouter à 19 parties de la solution 1 partie d'acide acétique ordinaire ; puis mêler à une goutte de sang, deux ou trois gouttes de ce réactif en frottant le mélange pendant une demi-minute sur le porte-objet à l'aide d'un agitateur (4).

b. *Chat.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 8 grammes de

(1) Pl. XI, fig. 8.
(2) Pl. XI, fig. 14, 18, 22.
(3) Pl. XII, fig. 1 et 3, 7, 8 et 9, 14 et 15.
(4) Pl. XII, fig. 4 et 5.

bichromate de potasse et 2 grammes de sulfate de soude ; ajouter à 19 grammes de la solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire ; recouvrir ensuite une très petite gouttelette de sang de deux ou trois gouttes du réactif et frotter le mélange sur le porte-objet (1).

c. *Hérisson.* — Disssoudre dans 500 grammes d'eau distillée 5 grammes de bichromate de potasse et 2 grammes de sulfate de soude; ajouter à 24 grammes de la solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire; puis recouvrir une gouttelette de sang d'une grosse goutte de ce réactif, et frotter quelque temps le mélange des deux liquides sur le porte-objet (2).

Après avoir observé chacune de ces trois préparations, on ramène les hématies à l'état de leucocytes en faisant usage de l'acide acétique à 75 ou 90 degrés (3).

Pour comparer le noyau des globules blancs au volume des globules rouges, nous avons vu qu'il faut employer cet acide au même degré de concentration. Mais on peut se servir aussi de l'acide acétique au 25[e] ou au 50[e] qui laisse entrevoir les hématies et qui met bien en évidence les leucocytes (4).

3° *Globules blancs.* — Le procédé très simple que j'ai déjà signalé et qui consiste à déposer sur une goutte de sang une grosse goutte d'acide acétique au 50[e] ou au 75[e] est encore celui qu'il faut mettre en usage pour l'étude de ces globules. Dans le court espace d'une ou deux minutes toutes les hématies pâlissent et passent au second plan, tandis que les leucocytes se dessinent en grand nombre, montrant dans toutes leurs variétés les trois parties qui les composent. Il permet très bien aussi de juger du nombre des globules dont le noyau est segmenté. Ceux des chiens et des chats nouveau-nés sont presque tous en voie de prolifération. L'acide acétique au 500[e] ou 600[e] est très bon pour suivre les globulins à leur sortie des globules; seul il met bien en lumière les globules vides qui n'accusent leur présence que par un pâle contour circulaire (5).

Quel que soit le carnassier sur lequel on suit dans leur évolution les

(1) Pl. XII, fig. 10 et 11.
(2) Pl. XII, fig. 16.
(3) Pl. XII, fig. 5 et 17.
(4) Pl. XII, fig. 2 et 12.
(5) Pl. XII, fig. 6, 13, 18 et 19.

éléments figurés du sang, on arrive à reconnaître qu'ils ont pour point de départ un globulin, que celui-ci passe à l'état de globule blanc, puis diminue ensuite peu à peu de volume, et que son enveloppe après s'être progressivement rapprochée du noyau finit par s'appliquer à sa surface dont la séparent seulement les derniers vestiges du protoplasma (1).

F. *Sang de l'Homme.*

J'ai dû fixer plus particulièrement mon attention sur le sang de l'homme, soit pour arriver à des connaissances plus exactes et plus complètes sur la composition de ses éléments figurés, soit pour comparer ces éléments à ceux des Mammifères et plus généralement à ceux de tous les autres Vertébrés, soit aussi pour en étudier les altérations.

Les globules rouges du sang de l'Homme sont aplatis comme ceux de tous les ovipares, mais discoïdes et biconcaves comme ceux de tous les Mammifères. Ils sont granuleux aussi, et enfin ils se composent également de trois parties bien distinctes.

1° *Granulations du protoplasma.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 3 grammes de bichromate de potasse et 12 grammes de sulfate de soude; ajouter à 30 grammes de la solution 15 grammes d'acide acétique à 90 degrés; puis mêler à une gouttelette de sang une grosse goutte de ce réactif en frottant le mélange sur le porte-objet avec un agitateur.

Après avoir observé les granulations des hématies, on les traite par le sulfate de soude au maximum de saturation, auquel on ajoute deux parties d'acide acétique ordinaire; puis on mêle à une goutte de sang deux ou trois gouttes de cette solution en frottant quelque temps le mélange sur le porte-objet. Les globules sont bientôt entièrement décolorés (2).

2° *Noyau, protoplasma, enveloppe.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 6 grammes de bichromate de potasse et 3 grammes de sulfate de soude; ajouter ensuite à 19 grammes de la solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire; puis mêler à une gouttelette de sang deux ou trois gouttes de ce réactif en frottant quelque temps le mélange sur le porte-

(1) Pl. XII, fig. 20.
(2) Pl. XIII, fig. 1, 2, 3.

objet; en moins d'une minute les trois parties constituantes des globules sont mises en pleine évidence.

Ces trois parties constituantes étant reconnues, traitez les hématies par l'acide acétique à 75 degrés, qui les ramènera à l'état de globules blancs (1).

3° *Enveloppe.* — Dissoudre dans 500 grammes d'eau distillée 4 grammes de bichromate de potasse et 2 grammes de sulfate de soude; ajouter ensuite à 29 grammes de la solution 1 gramme d'acide acétique ordinaire; puis mêler une goutte de ce réactif à une gouttelette de sang. La substance du noyau et celle du protoplasma s'échappent molécule à molécule par toute la périphérie des globules, et ceux-ci ne sont bientôt plus représentés que par leur enveloppe (2).

4° *Parallèle des deux ordres de globules.* — Pour ce parallèle, l'observateur a le choix entre l'acide acétique au 25ᵉ, qui montre bien le noyau des leucocytes sans faire complètement disparaître les hématies, et l'acide acétique à 75 degrés, qui pâlit celles-ci en rougissant le noyau des globules blancs (3).

Globules blancs. — Le nombre, l'aspect, la constitution de ces globules varient assez notablement selon qu'on les considère chez l'adulte, ou chez le fœtus et la femme en état de gestation.

a. *Age adulte.* — Pour l'étude des leucocytes chez l'homme ou la femme adultes, on adoptera l'acide acétique dilué du 25ᵉ au 50ᵉ. Une large goutte de cet acide dilué, déposée sur une goutte de sang et recouverte d'une mince lamelle qui étale les deux liquides, dissout peu à peu les hématies et met en évidence les globules blancs ainsi que les globulins, dans le court espace d'une demi-minute à une minute.

Parmi ces globules qu'on voit flotter en grand nombre sur le porte-objet, il en est qui se présentent sous un aspect framboisé, et dont le noyau tantôt se montre et tantôt reste invisible. D'autres, beaucoup plus multipliés, se distinguent par leur transparence, par les fines granulations de leur protoplasma, et le contour très accusé de leur noyau. Celui-ci, comme chez tous les Mammifères ou plutôt comme chez tous les Vertébrés et les animaux

(1) Pl. XIII, fig. 5 et 6.
(2) Pl. XIII, fig. 4.
(3) Pl. XIII, fig. 9 et 10.

sans vertèbres, est périphériquement situé. La plupart d'entre eux sont sphériques; quelques-uns un peu allongés et ovoïdes. Rien de plus fréquent que d'en rencontrer dont le noyau est divisé en deux ou plusieurs globulins. Ces globules en voie de prolifération sont souvent très nombreux. Dans ce dernier cas, ils se réunissent par groupe, et tous les globulins regardent alors le centre du groupe, en sorte que sur sa circonférence on remarque une série de festons formés par les enveloppes déjà vides en partie (1).

b. *Globules blancs du fœtus.* — Nous avons pu déjà constater que chez les embryons de vertébrés les globules blancs apparaissent dès que le cœur commence à battre, et qu'ils se multiplient ensuite de plus en plus, par voie de segmentation des noyaux, afin de répondre aux exigences croissantes de la nutrition et du développement de l'organisme. Chez l'Homme, pendant le cours de la vie intra-utérine, ils se comportent de même. La prolifération des leucocytes est alors tellement abondante que, dans la presque totalité des globules, le noyau se trouve partagé en trois ou quatre globulins. Dans le sang d'un fœtus à terme que je viens d'examiner, sur 50 globules il y en avait trois seulement dont le noyau n'était pas segmenté. Sur quelques préparations, je n'ai même rencontré que des globules contenant de 2 à 5 globulins. Souvent on les voit se réunir aussi sur un ou plusieurs points, et toujours alors les groupes de globulins convergent vers le centre de l'agglomération, les enveloppes formant sur la périphérie une série circulaire de festons. Le sang du fœtus est donc très favorable pour l'étude de tous les phénomènes inhérents à la prolifération des éléments figurés. On peut les observer depuis le moment où les globulins sortent de leur commune enveloppe, jusqu'à celui où les leucocytes commencent à se transformer en hématies.

L'acide acétique, dilué depuis le 50e jusqu'au 600e, est très convenable pour ces études. Cependant j'emploie souvent aussi, avec un grand avantage, un mélange d'acide acétique dilué et d'alcool au 10e; à 2 parties d'acide acétique au 10e, j'ajoute alors 3 parties d'alcool au 10e.

c. *Globules blancs de la femme en état de gestation.* — Ayant reçu un jour deux flacons dont l'un contenait du sang de fœtus provenant du cordon ombilical, et l'autre du sang de la mère provenant de la cavité utérine, j'examinai

(1) Pl. XIII, fig. 7 et 8.

d'abord celui du fœtus et je constatai de nouveau l'abondance des leucocytes dans le sang et leur excessive prolifération. Passant ensuite à celui de la mère, je croyais rencontrer une disposition inverse, c'est-à-dire beaucoup moins de globules blancs, et surtout beaucoup moins de globules en état de segmentation. Mais je me trompais dans mes prévisions. Les uns et les autres flottaient en très grand nombre dans le champ de la préparation; ils n'étaient pas moins multipliés chez la mère que chez le fœtus, et se présentaient exactement dans les mêmes conditions : ceux qui offraient un noyau à contour bien accusé étaient en très faible minorité. La plupart contenaient des globulins, et ces derniers, çà et là, commençaient à sortir de leur cavité ou étaient déjà presque entièrement ou totalement sortis (1).

Pourquoi cette abondance de globules blancs chez la femme pendant le cours de la grossesse? Pourquoi ces globules sont-ils le siège d'une si remarquable prolifération? La réponse me semble facile. Le but que se propose la nature en multipliant les éléments figurés du sang chez le fœtus est aussi celui qu'elle se propose en les multipliant chez la mère. Chez le fœtus, leur prolifération est la condition première du développement; supprimez-les, le développement ne tardera pas à s'arrêter par défaut de sucs nutritifs. Chez la mère, leur prolifération est la condition première de la reproduction de l'espèce; elle ajoute aux sucs assimilables qui lui sont nécessaires pour la nutrition de ses organes ceux qui sont nécessaires aussi à l'être nouveau pour son évolution. Que les éléments figurés du sang cessent de proliférer, l'enfant ne pourra se développer, ou ne se développera qu'en détournant à son profit les sucs nutritifs nécessaires à la mère, c'est-à-dire en l'épuisant à mesure qu'il s'accroîtra. Qu'ils prolifèrent au contraire et les deux êtres vivront côte à côte, sans que l'un nuise à l'autre; la mère trouvera même quelquefois dans cette prolifération, si elle devient très active, un surcroît de force et de vitalité (2).

La remarquable prolifération des globules blancs chez tous les Mammifères pendant la durée de la gestation est donc un fait incontestable. Chez la femme elle peut être considérée comme l'un des signes importants de la grossesse. Étant donné le sang de deux femmes, l'une gravide, et l'autre non gravide, à la division des noyaux, à l'extrême multiplicité des globu-

(1) Pl. XIII, fig. 13 et 14.
(2) Pl. XIII, fig. 11 et 12.

lins, on reconnaîtra, au premier coup d'œil, celui de la femme grosse ; à la rareté relative des leucocytes en voie de segmentation on reconnaîtra celui de la femme qui n'est pas en état de grossesse. Une simple piqûre faite à la pulpe de l'un des doigts avec la pointe d'une lancette pourra, dans certains cas douteux, éclaircir le diagnostic : si les globules blancs sont très abondants et presque tous remplis de globulins, la grossesse est extrêmement probable. On pourrait même l'affirmer très positivement, si quelques maladies n'avaient pour résultat de produire une prolifération des leucocytes tout à fait semblable à celle qu'on observe pendant la gestation.

Conclusions générales.

I. Considérés dans toute la série zoologique, les éléments figurés du sang se présentent à nous sous trois formes définitives :

Dans les Invertébrés, sous la forme de globules blancs sphériques ;

Dans les Vertébrés ovipares, sous l'aspect de globules rouges elliptiques ;

Dans les Vertébrés supérieurs, sous celui de globules rouges discoïdes.

II. Leur constitution est indépendante de leur forme; les globules blancs se composent de trois parties : l'enveloppe, le protoplasma, le noyau. Ces trois parties sont moins distinctes dans les globules rouges elliptiques, et semblent avoir perdu toute individualité dans les globules rouges circulaires; mais l'action des réactifs les remet aussitôt en pleine évidence.

III. L'enveloppe, dans les trois ordres de globules, est caractérisée : par son extrême minceur, sa transparence, son homogénéité, et sa grande perméabilité qui a pour but évident de faciliter les échanges entre son contenu et les particules élémentaires de l'organisme.

IV. Le protoplasma, dans les globules blancs, se montre en quantité variable. Il est toujours très abondant dans les globules rouges elliptiques qui lui sont redevables de leur volume. Il est presque nul dans les globules rouges circulaires qui contrastent avec les précédents par leur petitesse.

Ce protaplasma est granuleux dans les globules blancs. Ses granulations semblent avoir disparu dans tous les globules rouges; mais elles persistent à l'état latent; les réactifs les font réapparaître instantanément.

V. Le noyau existe dans les trois ordres de globules et conserve toujours des connexions intimes avec l'enveloppe; il est arrondi et granuleux aussi.

VI. Chez les Invertébrés, les éléments figurés naissent dans le plasma du sang par genèse, et se renouvellent par le même procédé.

Chez les Vertébrés, ils naissent par genèse dans les glandes vasculaires sanguines, dans les premières radicules des vaisseaux lymphatiques et dans les ganglions qui en dépendent. Parvenus dans le plasma sanguin, ils se multiplient par voie de prolifération.

VII. Leur prolifération a pour point de départ le noyau des globules blancs qui se segmente; ces segments, dont le nombre varie de 2 à 7, et dont le diamètre, chez l'homme, est de 1 μ à 2 μ, constituent les *globulins*.

VIII. Pendant que les globulins se forment aux dépens du noyau, le protoplasma s'atténue considérablement et bientôt ne se trouve plus représenté que par un petit nombre de très fines granulations entourant les globulins et remplissant leurs intervalles.

IX. Dans chaque globule le petit groupe des globulins traverse son enveloppe par voie de diapédèse en emportant avec lui les derniers restes du protoplasma, puis tombe dans le courant sanguin, se dissocie, et l'enveloppe complètement vide ne tarde pas à se dissoudre.

X. Devenus libres, les globulins, arrondis et granuleux, comme le noyau dont ils proviennent, s'entourent rapidement d'une enveloppe qui se dessine sur leur contour sous la forme d'un arc ou d'un croissant, lequel s'allonge et ne tarde pas à les entourer. Le protoplasma se montre ensuite; le globulin alors s'accroît de plus en plus et arrive bientôt à l'état de globule blanc.

XI. Ce globule blanc de seconde génération peut devenir le point de départ d'une génération nouvelle. Mais il peut aussi poursuivre son développement. Dans ce dernier cas, il se comporte différemment, selon qu'il s'agira d'un globule rouge elliptique ou d'un globule rouge circulaire.

S'il doit se transformer en globule rouge elliptique, ses granulations pâlissent, s'atténuent, passent à l'état latent et forment une petite masse ovoïde, d'apparence homogène; le noyau, encore arrondi et granuleux, pâlit aussi, puis prend le même aspect, et tous deux se colorent ensuite rapidement.

S'il doit se transformer en globule rouge circulaire, le protoplasma se réduit considérablement; les granulations du noyau disparaissent; ce noyau prend un aspect homogène; l'enveloppe s'en rapproche peu à peu; puis s'applique à son contour au moment où il se charge de matière colorante.

XII. Les éléments figurés du sang chez les Vertébrés parcourent pendant la durée de leur existence quatre périodes bien distinctes. Dans la première, ils existent à l'état de simples globulins : c'est leur période fœtale ou embryonnaire. Dans la seconde, ils passent à l'état de globules blancs qui caractérisent pour eux l'âge adulte jeune; et dans la troisième, à l'état de globules rouges qui représentent leur âge mur. Dans la quatrième ou période de sénilité, ils conservent la même forme, mais leur noyau a diminué de volume; ses granulations ont définitivement disparu; les réactifs n'ont plus le privilège de les faire reparaître. C'est par le noyau qu'avait débuté leur existence, et c'est par le noyau aussi que s'accuse leur mort prochaine.

XIII. Les fonctions des vaisseaux lymphatiques et des glandes vasculaires sanguines sont restées jusqu'ici très problématiques. Mais nous sommes actuellement en mesure de les définir, et nous ne pouvons plus méconnaître leur très haute importance : *ces vaisseaux et ces glandes, en définitive, sont la source du sang*. De cette source, en effet, partent les corpuscules qui vont se multiplier à l'infini dans le plasma sanguin, et qui se transformeront ensuite en globules rouges. Supprimons par la pensée les organes qui les produisent, et aussitôt tout cet immense travail de prolifération sera suspendu : les globules blancs cessant d'affluer dans le torrent de la circulation, les globules rouges cesseront de se renouveler; la nutrition deviendra insuffisante d'abord, bientôt impossible, et la vie dans ces conditions ne tardera pas à s'éteindre.

XIV. Les éléments figurés du sang peuvent devenir et deviennent fréquemment le siège des plus graves altérations. Mais c'est surtout sur les globules blancs que ces altérations portent. Nous verrons plus loin que la suppuration, la leucocythémie, le cancer, et quelques autres affections encore, comme, par exemple, la chlorose, ont pour siège et pour cause première une altération de ces globules. Leur mode de développement, leur excessive prolifération, leur transformation en globules rouges, le rôle considérable enfin qu'ils jouent dans la formation des éléments figurés du sang, étant restés jusqu'ici autant de phénomènes pour la plupart méconnus, la pathologie des

leucocytes n'a pu être que très imparfaitement ébauchée. Tous les auteurs sont disposés à admettre qu'elle tient dans nos cadres nosologiques une très grande place; l'avenir, je crois, démontrera que cette place est plus importante encore qu'ils ne l'avaient supposé.

CHAPITRE III

OPINIONS DES AUTEURS SUR L'ORIGINE ET LE MODE D'ÉVOLUTION DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Pour quelques auteurs, les globules rouges prennent naissance dans certains organes. Pour d'autres, ils se forment dans l'appareil de la circulation, sur tous les points de sa vaste étendue. A chacune de ces deux opinions principales viennent se rattacher une foule d'opinions secondaires.

Les observateurs pour lesquels les hématies se formeraient dans certains organes en ont tour à tour placé le point de départ : dans les poumons, dans le foie, dans la moelle des os, dans la rate. Mais aucune de ces opinions ne supporte les épreuves de la critique. On chercherait peut-être vainement aujourd'hui un anatomiste qui considère les poumons, le foie et la moelle des os comme présidant à l'hématogénèse. Quant à la rate, qui a fixé sous ce point de vue l'attention d'un si grand nombre de physiologistes, quelques auteurs, parmi lesquels je dois surtout mentionner MM. Malassez et Picard, persistent à penser que cet organe a pour fonction de former des globules rouges (1). Cette opinion, soutenue avec talent, ne repose pas cependant sur des faits que nous puissions accepter comme véritablement concluants. Les résultats de la splénotomie, les expériences de M. J. Béclard qui a trouvé moins de globules rouges dans la veine splénique que dans la veine jugulaire interne chez le chien et le cheval, les études de Kölliker et de quelques autres micrographes sur la pulpe splénique, celles de M. Ch. Robin sur le même sujet, et enfin l'ensemble de mes recherches, sont autant d'arguments

(1) Malassez et Picard, *Rech. sur les fonctions de la rate* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXXXI, 1875).

qui ne permettent pas d'adopter une semblable théorie. Ajoutons, d'ailleurs, qu'une augmentation de nombre des hématies dans la veine splénique, fût-elle constatée, ne nous apprendrait rien sur leur mode de formation.

Les opinions de notre premier groupe étant éliminées comme reposant sur une base tout à fait insuffisante, abordons celles du second groupe.

Les considérations très étendues dans lesquelles nous sommes entré précédemment démontrent que le mode de formation des hématies est identique dans toute la série des Vertébrés. Un certain nombre d'auteurs pensent cependant qu'il diffère selon qu'on l'étudie chez les ovipares ou chez les vivipares. Pour nous rendre compte de toutes les opinions émises sur l'hématogénèse, nous maintiendrons cette distinction, et nous examinerons d'abord les recherches qui sont relatives au sang des ovipares, puis celles qui concernent le sang des vivipares.

ARTICLE PREMIER

RECHERCHES RELATIVES AU SANG DES OVIPARES

La plupart des auteurs admettent que chez les ovipares les globules rouges se forment aux dépens des globules blancs. D'accord sur ce point, ils diffèrent sur quelques autres d'une importance secondaire. Suivant l'ordre chronologique, j'apprécierai d'abord les recherches antérieures à celles de Wharton Jones, puis celles de cet auteur, et ensuite celles des histologistes qui lui ont succédé.

§ I. — Recherches antérieures a celles de Wharton Jones.

En 1777, Hewson avance, le premier, que les leucocytes se transforment en hématies, et il considère la rate et les ganglions lymphatiques comme présidant à cette transformation (1). A l'appui de son opinion il n'allègue, du reste, que des considérations générales, établissant en sa faveur une cer-

(1) Hewson, *Experimental inquiries. Ch. V. Containing an account of the manner of wich the red particles of the Blood are formed.* London.

taine probabilité, mais aucun fait digne d'être mentionné. Elle mérite néanmoins d'être inscrite honorablement dans les archives de la science; car une vue juste, alors même qu'elle est purement théorique, est une voie nouvelle ouverte à l'observation.

De 1777 à 1832, c'est-à-dire pendant plus d'un demi-siècle, l'opinion formulée par Hewson fut généralement acceptée. Mais comme cet auteur, les physiologistes qui l'adoptent semblent se laisser diriger plutôt par une sorte d'intuition que par des arguments de nature à entraîner une conviction raisonnée.

De 1833 à 1846, la théorie de l'hématogénèse entre dans une phase nouvelle. L'étude des éléments figurés du sang est reprise avec ardeur en Allemagne, en France et en Angleterre. Les micrographes fixent surtout leur attention sur les globules blancs; ils s'attachent à en déterminer les caractères, les variétés, le développement et les métamorphoses.

Wagner, en 1833, compare les deux ordres de globules chez l'homme, les Mammifères, les Oiseaux et les Reptiles; il constate leur étroite parenté, mais ne donne cependant aucune preuve positive de la transformation des leucocytes en hématies (1).

C. H. Schultz en 1836, Horn, Nasse, Culliver en 1842, se livrent à des études histologiques analogues, dans le but aussi de reconnaître les modifications que subissent les globules blancs pendant la durée de leur existence, et la cause de leur coloration.

C'est à la même époque que parut le travail de Donné (2). Les éloges que lui accordent quelques auteurs m'avaient fait espérer que je trouverais dans ce travail la première ébauche de la théorie de l'hématogénèse. Mais il se réduit à une série de propositions dont la plupart ne méritent pas d'être citées, et dont quelques-unes sont manifestement erronées. Je mentionnerai cependant les suivantes :

« Il existe dans le sang trois espèces de particules : les globules rouges, » les globules blancs et les globulins. »

« Les globules rouges des Mammifères sont solubles dans l'acide acé-

(1) Wagner, *Vergleichende Physiol. des Blutes*. Leipzig, II, 1, et *Icones physiologicæ*, 1839, table XIII.

(2) Donné, *De l'origine des globules du sang, de leur mode de formation et de leur fin* (*Comptes rendus Acad. sc.*, t. XIV, 1862, p. 366).

» tique. Les globules rouges des Oiseaux, des Poissons et des Reptiles ne » sont qu'en partie solubles dans cet acide ; leur noyau résiste à son » action.

» Le contact de l'eau transforme tous les globules sanguins en petites » sphères, d'où l'erreur d'un grand nombre d'auteurs qui ont considéré ces » globules comme réellement sphéripues. »

Chacune de ces trois propositions représente un fait dont l'exactitude ne peut être contestée. Mais celles qui suivent n'offrent pas le même caractère :

« Les globules blancs sont incolores, sphériques, comme granuleux; ils » paraissent formés d'une vésicule contenant dans son intérieur trois ou » quatre granulations solides.

» Les globulins sont de petits grains n'ayant pas plus de $\frac{1}{300}$ de mil- » limètre de diamètre. Ils se réunissent trois à trois ou quatre à quatre, s'en- » veloppent d'une couche albumineuse en circulant avec le sang, et constituant » de cette manière les globules blancs. »

Ces deux nouvelles propositions, qui résument pour l'auteur toute l'histoire des globules blancs, nous montrent qu'il a pris pour leur noyau les globulins ; à cette première erreur il en ajoute une seconde, lorsqu'il avance que les globulins se réunissent au nombre de trois à quatre pour former les globules blancs. Il n'avait, par conséquent, qu'une notion fort imparfaite des globules blancs, puisqu'il n'a connu ni leur noyau ni le phénomène de la segmentation, ni l'origine des globulins qu'il fait provenir du chyle avec lequel ils n'ont rien de commun.

Arrivant à la théorie de l'hématogénèse, il la formule ainsi : « Les globules » blancs, une fois nés, changent peu à peu de forme ; ils s'aplatissent, se » colorent, et la matière granuleuse devient homogène ou se dissout ; ils se » transforment enfin en globules rouges. » Tenir un tel langage, c'est énoncer le fait qu'il s'agit de démontrer ; sa théorie se réduit, en d'autres termes, en simple affirmation (1).

En terminant son travail, Donné expose une vue nouvelle qui n'est rien moins qu'une monstrueuse hérésie : « Certaines substances, dit-il, sont susceptibles de se transformer immédiatement en globules sanguins par leur

(1) Donné, *Opere citato*, p. 368.

mélange avec le sang. Le lait, par sa constitution organique, *a* la plus grande analogie avec ce liquide. Injecté dans les vaisseaux, ses globules se transforment directement en globules sanguins, etc. »

Ce travail, cependant, a été honoré d'un rapport de M. Dumas qui, vingt ans avant Donné, s'était livré sur le même sujet à d'importantes recherches très remarquées, et qui par conséquent possédait toutes les notions nécessaires pour en faire une saine appréciation. Son rapport se trouve fidèlement résumé dans la conclusion suivante : « Faut-il admettre, avec l'auteur, que ces » agrégats (de globulins) se réunissent dans la rate, y passent à l'état de glo- » bules blancs, et que ceux-ci produisent à leur tour des globules rouges? » Faut-il accepter cette assimilation complète entre les globules du chyle et » ceux du lait? Ce sont là des questions sur lesquelles l'Académie approuvera » la réserve de sa commission. » Sous le voile transparent de cette réserve, l'éminent rapporteur repousse évidemment et la théorie de Donné et son étrange opinion sur la transformation des globules du lait en globules sanguins; mais sa critique est aussi bienveillante qu'éclairée (1).

§ 2. — Recherches de Wharton Jones.

En 1846 parurent enfin les trois mémoires de Wharton Jones. Ces mémoires, publiés dans les *Transactions philosophiques de Londres*, attestent chez leur auteur un rare talent d'observation, uni au talent plus rare encore de la saine interprétation des faits. Ils surpassent tout ce qu'on avait écrit jusqu'alors sur le même sujet, et j'ose dire qu'il surpasse aussi tout ce qu'on a écrit après lui. Nous possédons des monographies plus étendues, plus riches en érudition, plus abondantes en détails descriptifs; mais dans aucune on ne retrouve la même vue d'ensemble, des moyens d'étude aussi bien choisis pour le but à atteindre, un regard aussi pénétrant et un enchaînement de faits aussi habilement coordonnés.

Wharton Jones, dans son premier mémoire (2) décrit les éléments figurés

(1) J. B. Dumas, *Rapport sur un mémoire de M. le docteur Donné relatif à la constitution du sang et aux effets de l'injection du lait dans les vaisseaux* (*C. R. Acad. sc.*, 1843, p. 257).

(2) Wharton Jones, *The Blood corpuscule considered in its different phases of development in the animal series. — Memoir I. Vertebrata* (*Philosophical transactions*, 1846, p. 63).

du sang chez les Vertébrés. Dans le second, il étudie ces mêmes éléments chez les Invertébrés (1). Dans le troisième, il les compare dans ces deux embranchements; il compare aussi ceux des ovipares à ceux des vivipares (2). Ces mémoires sont accompagnés de deux planches (3), dont l'une est consacrée aux Vertébrés et l'autre aux animaux sans vertèbres. L'histologiste anglais ne s'est donc pas borné, comme ses prédécesseurs et tous les auteurs qui l'ont suivi, à observer les éléments figurés du sang dans une ou plusieurs classes d'animaux. Il les a soumis à l'examen microscopique dans toute la série animale. En généralisant ses études il a pu, comme j'ai pu le faire aussi, se livrer à de nombreuses comparaisons qui sont devenues pour lui une source de faits nouveaux et de notions précises.

Dans ses recherches sur le sang, il passe successivement en revue les Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons; puis descendant aux Invertébrés, il poursuit ses études chez les Mollusques céphalés et acéphalés, chez les Crustacés, les Arachnides, les Insectes et les Annélides. Après avoir exploré toute la série zoologique, il la remonte en procédant par voie de comparaison, et arrive ainsi à reconnaître que les globules blancs sont identiques chez tous les animaux. Il étudie toutes leurs variétés, toutes leurs modifications successives, et trouve dans les diverses phases de leur développement la preuve de leur transformation en globules rouges.

Ces phases sont au nombre de trois principales. Dans la première, ou *phase granuleuse* (*Granule cell*), les globules blancs présentent des expansions sarcodiques; leur protoplasma se compose de grosses granulations très réfringentes qui cachent le noyau et qui remplissent totalement, ou en partie seulement, leur cavité. Mais l'acide acétique dilué dissout les granulations, et le noyau, ainsi que l'enveloppe, apparaissent alors clairement. Dans la seconde phase, ou *phase nucléée* (*Nucleated cell*), les expansions sarcodiques sont moins prononcées; les grosses granulations sont remplacées par des granulations fines; l'enveloppe est encore sphérique, et le noyau se trouve en pleine évidence, surtout sous l'influence de l'acide acétique. Dans la *troisième phase*

(1) Wharton Jones, *The Blood corpuscule considered in its different phases of development in the animal series. Memoir II. Invertebrata* (*Philosophical transactions*, 1846, p. 89).

(2) Wharton Jones, *The Blood corpuscule considered in its different phases of development in the animal series. Memoir III.* (*Philosophical transactions*, 1846, p. 103).

(3) *Opere citato*, p. 443 et 444.

(*Free cellæform nucleus*), on n'observe plus de prolongements sarcodiques; les dernières traces des granulations disparaissent; la cellule s'aplatit, devient elliptique, puis se colore.

Ces trois phases sont celles que j'ai décrites aussi et que j'avais observées dans tous leurs détails et chez tous les ovipares, avant d'avoir pris connaissance des recherches de Wharton Jones. Ce que cet auteur avait vu, je le confirme. Tout ce qu'il avance sur le protoplasma des globules blancs et sur les modifications qu'il subit, est d'une rigoureuse exactitude. Sa description du noyau est beaucoup moins complète. Il ne semble pas avoir aperçu ses granulations et garde un silence absolu aussi sur sa segmentation. L'origine des globulins, leur diapédèse, leur dissémination dans le plasma sanguin, leur constitution, leur accroissement graduel, sont autant de phénomènes qui ont échappé à sa sagacité. Il n'a pas eu la satisfaction grande de constater que ses cellules granuleuses et nucléées, parvenues au terme de leur transformation, n'ont rien perdu de leur constitution primitive, que leurs granulations ont survécu à leur ruine apparente, et que les réactifs les remettent en pleine lumière. Cette preuve a manqué à sa théorie. Mais toutes ces notions complémentaires n'enlèvent rien à la solidité de ses conclusions. En confirmant l'œuvre qu'il avait si brillamment inaugurée, elles viennent au contraire en démontrer l'importance.

Cette œuvre, si digne d'éloges, n'a été accueillie, cependant, qu'avec une froide réserve. Mais remarquons que pour en apprécier la valeur il importait d'observer les éléments figurés du sang dans toute la série zoologique en faisant usage du réactif qui lui avait rendu de si grands services. Or, où trouver des critiques qui se soumettront à une telle épreuve? Quelques auteurs, sortant de cette réserve, ont élevé contre les conclusions de Wharton Jones une objection qui a été trop facilement acceptée et ensuite assez généralement reproduite. Je la retrouve encore dans une bonne thèse que M. Delage vient de publier sur les éléments du sang : « Un reproche grave » s'adresse, dit-il, à la méthode qu'a suivie Wharton Jones. Il examine le sang » au microscope, trouve diverses formes de globules qui offrent entre elles » certaines analogies, les dispose en série et conclut que chaque élément » figuré passe successivement par les termes divers de cette série, pour » arriver du premier au dernier. Cette conclusion pourra paraître un peu hasardée. Affirmer, dit M. Picard, que des formes observées sont des formes

» diverses d'une même partie à différents âges, c'est supposer précisément » résolu le problème à déterminer (1). »

Cette objection peut avoir une certaine importance pour les physiologistes qui n'ont jamais observé les divers états transitoires par lesquels passent les globules blancs pendant le cours de leur transformation. Mais pour l'histologiste qui a vu les globulins naître dans les leucocytes aux dépens de leur noyau, qui a vu ces globulins abandonner la cellule mère pour se répandre dans le plasma sanguin et grandir en subissant des modifications toujours semblables, qui a vu les globules blancs parvenus à l'âge adulte passer de la forme sphérique à la forme elliptique, leur noyau s'allonger aussi, et leurs granulations s'atténuer de plus en plus jusqu'au point de s'effacer en apparence; pour l'observateur, qui a vu se dérouler sous ses yeux toute cette longue série de phénomènes se succédant constamment dans le même ordre, chez tous les Vertébrés, la théorie de l'hématogénèse, telle qu'elle a été formulée par Wharton Jones s'impose à ses convictions comme un fait hautement démontré.

Aux observations de cet auteur, ajoutons celles qui découlent de mes recherches confirmatives. Nous avons vu que les granulations du protoplasma qui disparaissaient pour lui ne disparaissaient pas; que celles du noyau qu'il avait méconnus, mais qui existent, et qui semblent aussi disparaître, persistent également; que les réactifs font réapparaître les unes et les autres chez tous les animaux; que les globules rouges et blancs, si différents au premier aspect, offrent une constitution identique; que leurs trois parties constituantes sont semblables et semblablement disposées. Que répondront à ces faits nouveaux les contradicteurs de Wharton Jones s'ils croient devoir persister dans leur opposition? Leur ancienne argumentation ne lui est plus applicable; et je n'entrevois aucune autre objection de quelque valeur. La démonstration de sa théorie me paraît donc aussi complète qu'on pouvait le désirer. A mes yeux elle prend place dans la science comme un fait qui lui reste définitivement acquis.

Les auteurs qui, depuis Wharton Jones jusqu'à nos jours, ont abordé le même sujet viennent, du reste, confirmer pour la plupart les conclusions

(1) Delage, *De l'origine des éléments figurés du sang chez les Vertébrés*. Th. de doct., 1880, p. 40 et 41.

de ses recherches. Recklinghausen en 1866, Schlarewsky en 1867, Golubew en 1868, ont placé du sang en voie de réparation dans des chambres microscopiques à air humide ; et en continuant de les observer dans ces conditions pendant plusieurs jours, ils ont vu les globules blancs se transformer sous leurs yeux en globules rouges.

3. — Recherches postérieures a celles de Wharton Jones.

En 1877, M. Vulpian a communiqué à l'Académie des sciences le résultat de ses observations sur la régénération des globules rouges du sang, chez les grenouilles, à la suite d'hémorrhagies considérables (1). Pour produire ces grandes hémorrhagies il amputait une cuisse. Les grenouilles deviennent bientôt presque exsangues; elles sont très affaiblies ; quelques-unes meurent, quatre, cinq, six semaines après l'opération, dans un état d'anémie extrême. Le cœur offre une teinte blanchâtre légèrement rosée et ne contient qu'une très faible quantité de sang à peine coloré. M. Vulpian a examiné ce sang après un laps de temps plus ou moins long.

« Trois semaines après l'amputation, le sang contient de nombreux glo- » bules incolores. De ces globules, les uns sont des leucocytes, doués de » mouvements sarcodiques très actifs. D'autres, un peu plus transparents, » diffèrent évidemment des leucocytes : ce sont de vraies cellules constituées » par une substance plus transparente que celle des leucocytes, bien que » vaguement grenues, pourvues d'un noyau assez volumineux. Les cellules » incolores ne sont pas douées de la propriété d'émettre des prolongements » sarcodiques. Elles sont les unes arrondies, sphéroïdales ou légèrement » aplaties, les autres ovalaires et nettement aplaties. Aucune de ces cellules » ne présente la moindre teinte analogue à celles des globules rouges.

» Six semaines après l'amputation, le sang est encore très peu coloré. Le » nombre des globules incolores est plus considérable que celui des globules » rouges. Les leucocytes sont nombreux, bien vivaces et de dimensions » variées; quelques-uns sont de deux à cinq fois plus volumineux que les » autres, et doués aussi de mouvements sarcodiques. Ces grands leucocytes » contiennent, quatre, cinq, six noyaux et quelquefois un nombre plus grand

(1) Vulpian, *De la régénération des globules rouges du sang chez les grenouilles à la suite d'hémorrhagies considérables* (*Compt. rend. Acad. sc.*, t. LXXXIV, 1877, p. 1279).

» encore. Ces noyaux n'apparaissent, d'ailleurs, comme dans l'état normal du » sang, que sous l'influence de certains réactifs, et en particulier de l'eau ou de » l'acide acétique dilué. Les autres leucocytes contiennent un, deux, trois » noyaux semblables aux précédents; lorsqu'il n'y a qu'un seul noyau, il est » souvent en voie de scissiparité.

» Les cellules incolores sont en général plus nombreuses encore que les » leucocytes; elles sont plus transparentes et peuvent à cause de cela échapper » à un examen peu attentif... Elles contiennent toutes un noyau, qui, souvent » arrondi dans les cellules sphéroïdales ou discoïdes, est ellipsoïdal dans un » certain nombre de cellules ovalaires... Quelques-uns ont des dimensions qui » se rapprochent de celles des globules rouges. Lorsqu'on établit un courant » dans la préparation de façon à faire rouler les éléments anatomiques sur » eux-mêmes, on reconnaît aisément qu'il y a la plus grande ressemblance » entre les cellules ovalaires et les globules rouges; l'absence de couleur dans » les cellules ovalaires, leurs dimensions moindres, et le volume plus grand de » leur noyau, constituent les principales différences.

» Si l'on examine le sang des grenouilles amputées, deux mois ou deux » mois et demi après l'opération, on constate qu'il y a formation d'un nombre » considérable de globules rouges... Parmi les cellules ovalaires, on en voit » qui ont à peu près les dimensions des globules rouges et qui offrent une » légère coloration, analogue comme teinte à celle de ces globules.

» L'étude de ces modifications successives du sang, chez les grenouilles » ayant subi une hémorrhagie considérable, me paraît jeter un certain jour » sur le mode de régénération, et d'une façon générale sur le mode de forma- » tion des globules rouges, chez la grenouille adulte. On voit que ces globules » résultent de l'évolution de cellules incolores nucléées, qui, d'abord petites, » arrondies et sphéroïdales, deviennent discoïdes, puis prennent une forme » ovalaire, et acquièrent un volume plus grand, progressivement croissant. » Lorsqu'elles ont atteint le volume des globules rouges, ou plutôt même un » peu avant de l'avoir atteint, elles se colorent et deviennent finalement des » hématies. Les cellules nucléées qui doivent se transformer peu à peu en glo- » bules rouges, proviennent-elles des globules blancs ou leucocytes? Il semble » bien en être ainsi (1). »

(1) Vulpian, *Opere citato*, p. 1281, 1282, 1283.

En parcourant les lignes qui précèdent et qui résument bien, je crois, ses observations et sa pensée principale, on peut remarquer que M. Vulpian a bien vu et même très bien décrit la segmentation du noyau des globules blancs. Seulement il n'a pas attaché à ce phénomène l'importance qu'il présente ; il le constate en passant, comme un bon observateur auquel rien n'échappe, et en conclut avec la plupart des histologistes qu'il existe des leucocytes uninucléées, et des leucocytes multinucléées. La signification de ce fait, ou la théorie de la segmentation, passe devant lui inaperçue. Sous ce point de vue, ses études ont cependant un peu plus de portée que celles de Wharton Jones; car s'il a méconnu la théorie, il a vu en définitive les globulins, sur lesquels cet auteur garde un silence absolu.

Mais le point essentiel de ses recherches a pour objet les cellules incolores qu'il a vues se transformer en globules rouges, comme l'auteur précédent. Après avoir reconnu cette transformation, il soulève la question d'origine : » Ces cellules proviennent-elles des globules blancs ? Il semble bien en être » ainsi. » Telle est sa conclusion un peu réservée. Ici l'histologiste anglais reprend tous ses avantages; il conclut, au contraire, très affirmativement. Qu'est-ce, en effet, que les cellules nucléées et incolores de M. Vulpian ? Ce sont les cellules nucléées de Wharton Jones ; ce sont mes cellules nucléées et finement granulées ; ce sont les cellules que nous avons vues l'un et l'autre dans toute la série animale, et qui tiennent une place intermédiaire entre les cellules à grosses granulations et les cellules en voie de coloration. En les observant dans les diverses classes des Vertébrés, on reconnaît sans peine l'étroite parenté de ces trois ordres de globules blancs. L'auteur anglais, qui a généralisé ses études et qui a procédé par voie de comparaison, a reconnu cette filiation. En suivant la même voie, je suis arrivé au même résultat. Si M. Vulpian eût élargi le cercle de ses recherches en comparant aussi les leucocytes dans les principales classes d'ovipares, s'il eût suivi surtout dans leur développement ces globulins qui s'étalaient à ses regards et qui sollicitaient son attention, nul doute que l'observation ne l'eût conduit également à reconnaître les liens qui unissent tous les globules blancs depuis leur apparition jusqu'à leur transformation définitive. Néanmoins, parmi les divers travaux publiés sur l'hématogénèse, le sien conserve un rang des plus honorables; il vient immédiatement après celui de Wharton Jones. Son mérite est d'avoir parfaitement bien décrit les leucocytes dans la dernière phase de leur évolution. Sa description, il faut

le reconnaître, est même plus exacte et plus complète que celle de son prédécesseur ; c'est un tableau très fidèle de la marche de la nature.

M. Pouchet s'est livré depuis plusieurs années à de sérieuses études sur le même sujet. Ses recherches, prises dans leur ensemble et leur substance, viennent confirmer celles de M. Vulpian. Dans une communication faite à la Société de biologie au mois de janvier 1878, il expose ainsi la transformation des leucocytes en hématies : « Un triton est saigné par ablation de la queue, le » 4 décembre 1877. Au bout d'un mois, le sang en régénération présente une » abondance extraordinaire de formes de passage des leucocytes aux héma- » ties... Dans une période plus avancée, le noyau a augmenté de volume, il » est devenu ovoïde, son contour est nettement accusé, sa substance est granu- » leuse. Après sa transformation en hématie, il est encore granuleux, mais » moins volumineux, et ses bords sont moins nets (1). »

On voit que cet histologiste est beaucoup plus affirmatif que M. Vulpian. Il n'hésite pas à admettre que les cellules nucléées de cet auteur sont de véritables leucocytes et même, selon son expression, des leucocytes types.

Dans une autre communication faite à la même Société, quelques mois plus tard, M. Pouchet s'attache à démontrer que les hématies et les leucocytes dérivent de corpuscules élémentaires qui sont les globulins de Donné, les cellules incolores de M. Vulpian, les hématoblastes de M. Hayem (2). En 1879, il revient sur le même sujet, et désigne ces corpuscules élémentaires sous le nom de *noyaux d'origine*. Il ajoute que ces noyaux d'origine s'accroissent, s'entourent d'un protoplasma, peut-être aussi d'une enveloppe; puis, parvenus à une certaine période de leur développement, ils donnent naissance, tantôt à un leucocyte, tantôt à une hématie. Le noyau du leucocyte se segmente; mais la segmentation n'a jamais lieu dans le plasma sanguin; elle serait un phénomène simplement cadavérique (3).

Il y a dans cet exposé, que j'abrège beaucoup, un point de doctrine et un fait. Ni l'un ni l'autre ne sont acceptables. Les hématies ne se forment jamais

(1) Pouchet, *Sur les leucocytes et la régénération des hématies* (*C. R. et Mém. de la Société de biologie*, 1878, p. 7).

(2) G. Pouchet, *De l'origine des hématies* (*Compt. rend. et Mém. de la Société de biologie*, 2 mars 1878, p. 77).

(3) G. Pouchet, *Noyaux des éléments figurés du sang chez le Triton* (*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1879, p. 32).

aux dépens de corpuscules s'accroissant peu à peu pour leur donner directement naissance, sans passer par l'état de leucocytes. Les recherches de Wharton Jones, celles de M. Vulpian et les miennes, sont parfaitement concordantes sur ce point. M. Vulpian s'exprime ainsi, et son langage est celui de la vérité même : « Je n'ai pas vu chez les grenouilles amputées, un seul globule rouge » de petites dimensions; il est donc impossible d'admettre qu'il se forme » des globules rouges d'abord petits, puis arrivant aux dimensions normales » par un accroissement progressif de leur volume (1). »

Quant au fait relatif à la segmentation, M. Pouchet est aussi dans l'erreur la plus complète. Ce phénomène se produit dans les vaisseaux. Sur les têtards, on voit de la manière la plus nette des leucocytes dont le noyau est segmenté ; les globulins prennent donc naissance dans les globules blancs pendant qu'ils circulent, et non sur le porte-objet du microscope (2).

Cet histologiste, dont je me plais à reconnaître le réel mérite, est parti d'un principe qu'il recommande et que je crois cependant devoir repousser. Il pense que, pour arriver à des résultats plus satisfaisants, il convient d'adopter une seule espèce animale et un seul réactif. Or je trouve qu'il est au contraire beaucoup plus avantageux d'étendre ses recherches au plus grand nombre possible d'animaux, et d'avoir aussi à sa disposition le plus grand nombre possible de réactifs. La variété des observations permet la comparaison. La multiplicité des réactifs permet de voir dans une espèce, un genre, un ordre ou une classe, ce qu'on n'a pu voir dans les autres. C'est ainsi que j'ai procédé ; c'est en faisant appel aux modes d'investigation les plus divers que j'ai pu voir les éléments figurés du sang à l'état de simple ébauche, et les poursuivre ensuite dans toutes les phases de leur développement, depuis la période embryonnaire jusqu'à leur période de sénilité. C'est la marche également qu'a suivie Wharton Jones ; mais il semble n'avoir fait usage que d'un seul réactif, l'acide acétique dilué ; ce qui nous explique pourquoi ses études sur l'hématogénèse sont restées incomplètes.

Seulement, comme entre tous les réactifs il avait choisi le meilleur, il en a obtenu des résultats très remarquables. L'acide acétique dilué n'a pas été moins utile à M. Vulpian. Se présentant sous les auspices de deux noms aussi

(1) Vulpian, *Opere citato*, p. 1283.
(2) Pl. VI, fig. 10.

recommandables, M. Pouchet pouvait au moins en faire l'essai; mais il a donné la préférence à l'acide osmique, au maximum de concentration, qui ne convient nullement pour l'étude des globules blancs.

Il est digne de remarque que ni Wharton Jones, ni M. Vulpian, qui ont tiré un si bon parti de l'acide acétique, n'ont cru devoir définir le degré de concentration ou de dilution qui leur a paru le plus convenable. Leur silence sur ce point ne me cause, du reste, aucune surprise; car en réalité on peut s'en servir avec un très grand avantage à des degrés de dilution très divers. Dans mes recherches, je l'ai souvent utilisé au 20e, 25e, 40e, 50e; et j'avais, en outre, constamment devant moi des flacons dans lesquels la dilution était portée au 75e, 100e, 150e, 200e, 300e, 400e, 500e et 600e.

ARTICLE II

RECHERCHES RELATIVES AU SANG DES VIVIPARES

Parmi les opinions émises sur le mode d'évolution des hématies chez les Mammifères, les unes leur assignent pour point de départ les globules blancs. Pour M. Ch. Robin, ils naissent par genèse aux dépens du plasma sanguin; pour M. Hayem, ils proviennent de corpuscules d'une nature particulière.

§ 1. — Opinions qui font dériver les hématies discoïdes des leucocytes.

Ces opinions peuvent être ramenées à trois principales, portant chacune un nom propre. Selon la première, développée par Wharton Jones, les hématies sont constituées par le noyau des globules blancs; d'après la seconde, adoptée par H. Müller, elles sont formées à la fois par le noyau et l'enveloppe; et d'après la troisième, que défend Kölliker, par l'enveloppe et un contenu résultant d'une modification du noyau.

A. *Les globules rouges des Mammifères sont constitués par le noyau des globules blancs.* — Wharton Jones, en formulant cette opinion, s'appuie surtout sur l'observation. Ses recherches sur la formation du sang chez les ovipares l'avaient conduit à reconnaître que les globules blancs, plus petits chez les Invertébrés que les globules rouges, présentent dans le cours de leur transfor-

mation trois périodes : la période granuleuse, la période nucléée ou période des cellules incolores de M. Vulpian, et la période de coloration. Ces trois périodes, l'auteur anglais les retrouve également chez les Mammifères. Les deux premières ne sont pas contestables; elles établissent entre les Vertébrés supérieurs et inférieurs une très remarquable analogie au point de vue de l'hématogénèse. Une seule différence les distingue, et Wharton Jones l'a très bien saisie : Chez les ovipares, les leucocytes s'accroissent en passant à l'état de cellules incolores elliptiques, et aussi en se colorant ; chez les vivipares, c'est une modification inverse qui se produit ; les leucocytes, chez eux, étant plus considérables, ils diminuent de volume ; mais la réduction s'opère aux dépens de l'enveloppe et non aux dépens du noyau, qui offre des dimensions égales à celles des hématies pendant toute la durée de leur évolution.

Les modifications successives qui se produisent pendant ces deux premières périodes ont donc été parfaitement observées, bien exposées et bien représentées par cet auteur. Jusque-là son opinion reste inattaquable. Tous les faits que j'ai exposés de mon côté la confirment pleinement. Reste la troisième phase. Elle serait essentiellement constituée pour lui par la disparition apparente de l'enveloppe et la coloration du noyau. Ici l'observation l'abandonne et l'intuition seule le dirige; la structure des globules rouges lui étant inconnue, et ces globules, selon toute apparence, se trouvant réduits alors à une petite masse homogène, il admet que ceux-ci sont formés par le noyau des leucocytes, sans se prononcer cependant d'une manière tout à fait explicite sur la présence ou l'absence d'une enveloppe; car il les désigne sous le nom de noyaux en forme de cellules, *cellulæform nucleus* (1).

Cette opinion de Wharton Jones est donc fondée sur de sérieuses études, elle est presque entièrement puisée dans l'observation ; et lorsque les faits se dérobent à sa pénétrante sagacité, lorsqu'il arrive aux limites de l'inconnu, c'est encore un reflet de ses investigations qu'on retrouve dans sa conclusion. Car cette enveloppe qu'il a vue se rapprocher peu à peu du noyau et se réduire progressivement, ne semble-t-elle pas, en effet, avoir disparu ou s'être confondue avec lui ? En considérant les hématies des Mammifères comme des noyaux en forme de cellules, il parle encore en observateur, mais en observateur qui voit la réalité à travers un nuage et qui l'exprime comme il la voit,

(1) Wharton Jones, *Opere citato*, p. 75 et suiv.

c'est-à-dire en termes vagues. Ce qu'il a vu d'une manière confuse, nos recherches le démontrent complètement. Aucune des trois parties constituantes des leucocytes ne disparaît; le noyau, ainsi qu'il l'a si bien constaté, conserve invariablement un volume égal à celui des globules rouges; le protoplasma se réduit à une très mince couche, et l'enveloppe s'applique sur cette couche, en sorte que les hématies des Mammifères ne sont en définitive que des leucocytes ramenés à de moindres dimensions et colorés.

B. *Les globules rouges des Mammifères sont constitués par le noyau et l'enveloppe des globules blancs.* — Cette opinion de H. Müller se rapprocherait beaucoup de la vérité, si l'habile histologiste avait reconnu que l'enveloppe vient s'appliquer au noyau, en conservant comme celui-ci son individualité. Mais il admet que la partie enveloppante et la partie enveloppée subissent une sorte de fusion et se confondent de manière à ne plus former qu'une petite masse homogène. Ainsi formulée, son opinion devient une simple hypothèse que l'observation réfute complètement; car j'ai montré que les hématies des Mammifères sont formées, comme les leucocytes, de trois parties semblablement disposées. Elles ne disparaissent donc pas; elles ne subissent pas la moindre fusion; elles persistent. L'hypothèse de H. Müller ne repose, par conséquent, que sur une simple vue de l'esprit.

C. *Les globules rouges des Mammifères sont constitués par les leucocytes dont le noyau disparaît au moment où ils rougissent, mais dont l'enveloppe persiste.* — Cette troisième opinion est celle à laquelle se rattache Kölliker. On voit qu'elle est diamétralement opposée à celle de Wharton Jones. Les arguments et considérations qu'il invoque pour la défendre n'ont pour la plupart qu'une bien faible valeur. En affirmant que l'enveloppe des leucocytes ne disparaît pas au moment où ils se transforment en hématies, il a raison sans doute; mais son argumentation a pour base des vues plus théoriques que positives; et en admettant que leur noyau disparaît, il commet une bien grosse erreur, puisque le noyau représente à lui seul la presque totalité des hématies. Cet auteur, du reste, reconnaît lui-même l'insuffisance des preuves qu'il mentionne : « Si l'on ajoute, dit-il, que nous ne savons rien d'un mode différent » des cellules sanguines, on m'accordera peut-être que mon opinion, d'après » laquelle les corpuscules lymphatiques se changeraient en cellules sanguines, » se trouve suffisamment justifiée. Si la transition entre les deux espèces n'a

» pu être observée jusqu'ici, c'est probablement parce que la transformation » est tellement rapide qu'elle échappe à tous nos moyens d'investigation (1). »

D. *Les globules rouges des Mammifères sont constitués par des corpuscules ou noyaux qui dérivent des leucocytes par un mécanisme encore inconnu.* — Cette opinion est celle qui a été développée par M. Pouchet, mais, il faut bien le reconnaître, en termes trop concis et un peu obscurs, devant la Société de biologie. Elle se trouve formulée dans les lignes suivantes : « Je demande » à la Société la permission de revenir sur les parties constituantes du sang, » désignées sous le nom de corpuscules élémentaires par Zimmermann. Ces » corps, entrevus vers 1840 par Donné, ont été très bien décrits en 1846 par » Zimmermann dans un admirable mémoire d'hématologie trop oublié. Le » mérite incontestable d'avoir appelé sur eux l'attention, en les signalant » comme des corps d'où dérivent les hématies, me paraît revenir à M. Hayem. » Je crois avoir, à mon tour, montré par des expériences qu'il en est bien » ainsi, et de plus indiqué une forme d'hématies ovoïdes, signalée quelque- » fois, dans ces derniers temps, comme pathologique, mais qui est normale » et constante chez les Mammifères. Les corpuscules élémentaires prennent » cette forme avant de devenir discoïdes; dans cet état de passage, les héma- » ties sont plates, elliptiques, à bourrelet peu accusé ; leur grand diamètre » dépasse de 2 μ environ celui des hématies discoïdes communément décrites, » et qu'il convient de regarder comme une forme ultérieure.

» Un point reste obscur, l'origine des corpuscules élémentaires ; or on est » conduit à admettre, et l'on peut, dans une certaine mesure, prouver expéri- » mentalement que ces corps appelés à devenir des hématies dérivent du » corps des leucocytes, et en sont des émanations devenues libres dans des » conditions qu'il restera à mieux préciser (2). »

Ainsi exposée, la théorie de M. G. Pouchet sur l'hématogénèse reste à l'état d'ébauche. Les faits lui ont manqué pour l'asseoir sur des développements suffisants. Mais il reconnaît que les globulins sont le point de départ des hématies; il a même vu des leucocytes elliptiques qui proviennent de ceux-ci; seulement il les a vus avec son acide osmique concentré qui décolore les hématies et il les a confondus avec celles-ci. Cependant il les consi-

(1) Kölliker, *Éléments d'histologie humaine*, 1868, p. 826.

(2) C. Pouchet, *C. R. et Mém. de la Société de biologie*, 2 mars 1878, p. 77 et 78.

dère comme une forme transitoire. Quant aux globules, il soupçonne qu'ils tirent leur origine des leucocytes, en laissant à l'avenir le soin de nous apprendre comment ils en naissent. Cet histologiste, en un mot, a entrevu la vérité ; et s'il ne l'a pas vue d'une manière plus complète, c'est pour avoir eu trop de confiance dans son unique réactif.

En résumé, les auteurs, déjà très nombreux, qui font dériver les globules rouges des globules blancs, restent tous dans une grande perplexité sur les analogies à établir entre ces deux ordres de globules. Un vague sentiment de la réalité les conduit à admettre que les seconds ne sont qu'une transformation des premiers. Mais lorsqu'il s'agit de définir le mode de cette transformation, le terrain se dérobe sous leurs pieds ; ils tombent dans le vide de l'inconnu, et raisonnent chacun à leur manière, cherchant pour leur opinion une base qui leur manque. Cette base, c'est la notion de la structure des globules rouges, notion qui nous explique aujourd'hui avec une grande simplicité leur origine ainsi que leur mode de formation, et sans laquelle toute théorie de l'hématogénèse est frappée de nullité.

§ 2. — Opinions qui attribuent aux hématies une origine indépendante des globules blancs.

Dans ce second groupe d'opinions il serait facile d'en faire rentrer un assez grand nombre qui diffèrent plus ou moins les unes des autres ; mais deux seulement me semblent devoir arrêter notre attention, celle de M. Ch. Robin et celle de M. Hayem.

A. — *Recherches de M. Ch. Robin.*

L'opinion de M. Ch. Robin se trouve fidèlement résumée dans les passages suivants : « Les leucocytes naissent par le mode dit de genèse, et » leur multiplication en un point déterminé de l'économie résulte de la » répétition de ce même phénomène. Leur reproduction, leur multiplication » par segmentation ou scission n'a, en fait, pas encore été observée (1). »

(1) Ch. Robin, *Dict. des sc. médicales*, article Leucocytes, 1869, p. 258.

» Les leucocytes ont été considérés comme disparaissant par méta-
» morphose en hématies. Mais le fait n'est aucunement prouvé ; ni les phases
» de l'évolution de l'une et de l'autre espèce de ces éléments, ni le mode de
» naissance des hématies ne sont en faveur de cette hypothèse, laquelle n'est
» du reste qu'une manière illusoire de reculer une difficulté; car il faudrait
» toujours déterminer le mode et les conditions de la naissance des leu-
» cocytes. Il n'y a rien de plus étonnant de voir naître des hématie.
» dans le plasma sanguin que de voir apparaître les leucocytes dans le
» plasma de la lymphe (1).

» La plus ancienne des vues émises sur l'origine et la fin des leuco-
» cytes est celle de Donné, qui, sans se préoccuper du mode de production
» des globulins, les considère comme les premiers rudiments des globules
» blancs, ceux-ci comme intermédiaires aux globulins et aux globules
» rouges, en lesquels se transformeraient normalement les globules blancs
» sous l'influence élaboratrice de la rate..... Dans cette hypothèse, la
» question du mode de génération des globulins destinés à se transformer en
» globules blancs n'est pas résolue, et à cet égard la difficulté n'est que
» reculée. Quant à la transmutation de ces derniers en globules rouges sous
» l'influence de la rate, elle est en contradiction formelle avec les données de
» l'observation anatomique (2). »

Dans un autre ouvrage, le même auteur, en parlant de l'influence de l'inflammation sur la production des leucocytes, ajoute : « Les globules blancs
» se produisent directement, sans avoir été précédés d'autres cellules aux-
» quelles on puisse les rattacher par voie de filiation (3). »

L'opinion depuis longtemps adoptée et constamment défendue par M. Ch. Robin se trouve donc en contradiction formelle et complète avec celle qui se trouve exposée dans cette monographie. Mais je ferai remarquer à mon éminent collègue que je m'appuie sur tout un ensemble de faits nouveaux, liés entre eux par la plus étroite corrélation, très faciles à vérifier et sur lesquels j'appelle toute son attention. Trois principales objections se dégagent de son argumentation : 1° l'origine des globulins n'est pas connue; 2° nous ne connaissons pas davantage les diverses phases par lesquelles passent ces globulins

(1) Ch. Robin, *loco citato*, p. 264.
(2) Ch. Robin, *loco citato*, p. 266.
(3) Ch. Robin, *Anat. et phys. cellulaires*, 1873, p. 530

pour se transformer en globules blancs; 3° la transformation des globules blancs en globules rouges sous l'influence de la rate est contraire à l'observation anatomique.

Première objection: Nous ne connaissons pas l'origine des globulins. — Cette objection appliquée aux recherches qui ont précédé les miennes est sans doute fondée; mais elle ne l'est plus aujourd'hui. Les faits très nombreux que j'ai exposés démontrent que les globulins naissent des globules blancs; ils sont le résultat de la segmentation du noyau de ces globules; ils sortent de leur cavité par diapédèse. Tous ces phénomènes se voient sans difficulté aucune. La diapédèse des globulins se voit aussi facilement que la segmentation des noyaux. Si M. Ch. Robin veut bien contrôler mes observations en soumettant des Batraciens à de fortes hémorrhagies et en faisant usage de l'acide acétique plus ou moins dilué, j'ose espérer qu'il verra ce que j'ai vu et qu'il le verra ensuite dans toute la série des Vertébrés.

Deuxième objection: Nous ne connaissons pas les diverses phases par lesquelles passent les gobulins pour se transformer en globules blancs. — Je réponds que Wharton Jones avait déjà très bien vu deux de ces phases, la *phase granuleuse* et la *phase nucléée* des globules blancs. Mais il n'a pas vu les deux premières, fort importantes sans contredit, puisqu'elles relient les globulins aux globules granuleux. Or, ces deux premières phases, s'étendant depuis le moment où les globulins tombent dans le plasma sanguin, jusqu'à celui où ils arrivent à l'âge adulte, je les ai décrites avec tous les détails qui s'y rattachent. L'évolution des globules blancs nous est donc actuellement bien connue. Elle comprend, en définitive, quatre périodes : une première, représentée par leur naissance; une seconde, caractérisée par leur accroissement progressif; une troisième, dans laquelle ils prennent une couleur sombre et un aspect mûriforme, et enfin une quatrième pendant laquelle ils deviennent de plus en plus transparents par suite de la disparition apparente de leurs granulations.

Troisième objection: On n'a pas vu les globules blancs se transformer en globules rouges; la rate est sans influence sur cette transformation. — Je commence par reconnaître, avec M. Ch. Robin, que la rate ne prend, en effet, aucune part à la production de ce phénomène; il se passe dans le plasma sanguin et s'opère dans toute l'étendue du courant circulatoire.

Quant au mode suivant lequel s'accomplit la transformation des leucocytes en hématies, je l'ai précédemment et assez longuement exposé; sur ce

point encore, l'observation est très affirmative. Aux faits qui les démontrent, j'ai ajouté deux autres faits : d'une part, l'identité de constitution des deux ordres de globules, identité non moins évidente chez les Mammifères que chez les ovipares; de l'autre, la facilité avec laquelle on peut ramener les globules rouges de tous les Vertébrés à leur état primitif, c'est-à-dire à l'état de globules blancs. Ces deux faits, que les réactifs mettent l'un et l'autre en pleine lumière, me semblent de nature à ébranler les anciennes convictions de mon savant collègue. S'il veut bien considérer, en outre, que toutes les considérations sur lesquelles je m'appuie s'enchaînent de la manière la plus intime, que mes observations portent, non sur une ou plusieurs espèces, mais sur toute l'immense étendue de la série des Vertébrés, il reconnaîtra peut-être que parmi les théories relatives à l'hématogénèse, aucune ne se recommande à l'attention des physiologistes par un tel caractère de filiation, de généralité et d'importance ; et peut-être aussi aura-t-il alors quelque tendance à se rallier comme moi à l'opinion de Wharton Jones.

B. — *Recherches de M. Hayem.*

En 1878, M. Hayem a publié un premier mémoire sur l'évolution des hématies chez les Mammifères, et en 1879, un second relatif à l'évolution des hématies chez les ovipares.

Son opinion sur l'évolution des hématies chez les vivipares se trouve formulée dans les pages qui suivent : « Il existe dans le sang de tous les Vertébrés » de petits éléments, qui ne sont ni des hématies, ni des globules blancs; destinés, en se développant, à devenir ultérieurement des hématies, ils représentent les formes les plus jeunes de ces éléments et sont en quelque sorte » les germes des globules rouges. Aussi avons nous proposé de les désigner » sous le nom d'*hématoblastes*.

» Il ne s'agit pas là d'une espèce nouvelle d'éléments du sang; mais bien du globule rouge n'ayant pas dépassé une certaine phase de son évolution.

» Toutefois, ce globule rouge jeune présente des caractères histologiques » particuliers et possède des propriétés physiologiques toutes spéciales, ce qui » permet de le regarder comme une variété importante d'élément (1). »

(1) Hayem, *Rech. sur l'évol. des hématies dans le sang de l'Homme et des Vertébrés* (*Arch. de phys.*, 1878, p. 692).

« Chez tous les Vertébrés vivipares sans exception, à côté des éléments » adultes, il en est de plus petits, destinés à les remplacer, et chez tous aussi » les propriétés de ces éléments sont les mêmes. Il n'est donc pas nécessaire » d'étudier le sang de tous les vivipares ; il suffit de choisir un type, et le meil- » leur en même temps que le plus important et le plus commode nous est » fourni par le sang humain (1).

» Pour étudier les hématoblastes, il est indispensable de voir le sang tel » qu'il sort des vaisseaux et d'obtenir une préparation en quelque sorte extem- » poranée.

» Voici le dispositif que je conseille : Après avoir dégraissé avec de l'alcool » ou de l'éther les lames de verre, on les essuie et on les sèche avec soin, » puis on fixe la lamelle sur la lame, en laissant tomber sur ses quatre » coins une goutte de paraffine fondue. On a ainsi un espace capillaire » tout préparé à recevoir le sang; on le place au foyer du microscope, » de façon qu'on puisse apercevoir immédiatement les éléments du » sang dès que le liquide pénètre par capillarité entre les deux lames de » verre (2).

» Dès que le sang est arrivé au contact de l'espace capillaire, il s'y précipite » avec force et l'on en voit les divers éléments rouler avec rapidité. En certains » points, au milieu des éléments rouges et blancs, on aperçoit de petits cor- » puscules ressemblant tout d'abord à de petits globules rouges, très délicats, » pâles. A peine les a-t-on aperçus, qu'ils sont déjà modifiés; ils deviennent » épineux, adhèrent au verre, se plissent, pâlissent, en perdant une partie ou » la totalité de leur hémoglobine.

» Au bout de peu de temps les hématies se dégagent pour aller concourir » à la formation des piles, et les petits éléments dont il vient d'être question » restent isolés, et forment des chapelets ou des amas. Déjà ils sont profon- » dément altérés et presque méconnaissables; mais on a pu constater leur » présence, suivre leur transformation et constater qu'entre les hématies et » les globules blancs, le sang contient des corpuscules particuliers s'altérant » très rapidement.

» C'est la température d'environ + 1° qui s'est montrée la plus favorable à

(1) Hayem, *loco citato*, p. 693.
(2) Hayem, *loco citato*, p. 694

» ce genre d'étude; mais on peut encore faire de bonnes observations à la » température de 1° à 1°,5 (1).

» Ainsi vus à cette température, sans l'intervention d'aucun réactif, et » probablement tels qu'ils circulent dans les vaisseaux, ces corpuscules sont » parfaitement homogènes et à surface lisse ; ils ont une teinte jaunâtre ou » verdâtre sensible, de sorte que leur substance ressemble à celle des glo- » bules rouges faiblement colorés. Les plus petits, qui paraissent parfois » incolores, sont dépourvus de granulations et n'ont aucune ressemblance » avec des fragments de globules blancs; mesurés dans ces conditions, ils » ont de $1\mu,5$, à 3μ de diamètre, quelques-uns atteignent 4 et même $4\mu,5$.

» Pendant tout le temps que ces éléments restent intacts, ils ressem- » blent complètement à de petits globules rouges délicats et pâles, ce qui » justifie le nom d'hématoblastes sous lequel nous avons proposé de les » désigner. »

M. Hayem, dans ses études sur le sang des Mammifères, commence donc par observer ce liquide sans le secours d'aucun réactif; c'est là son premier procédé. Mais il a fait usage aussi des réactifs; et après les avoir tous passé en revue il accorde la préférence au sérum iodé, mais surtout au suivant ainsi composé :

Liquide A.

Eau distillée	200
Chlorure de sodium pur	1
Sulfate de soude pur	5
Bichlorure de mercure pur	0 50

« Pour obtenir une bonne préparation avec ce liquide, il faut faire » un mélange de 1 partie de sang avec 20 à 100 du véhicule, en ayant » soin de faire tomber le sang dans le réactif dès qu'il sort des vaisseaux (2). »

Ainsi cet auteur a observé le sang des Mammifères, d'une part sans l'emploi d'aucun réactif, de l'autre en faisant usage du sérum iodé et du liquide A. Or, sans réactif, on ne voit que très imparfaitement les globules blancs, et il est absolument impossible de reconnaître les modifications qu'ils subissent dans le cours de leur évolution; on ne peut constater surtout

(1) Hayem, *Loco citato*, p. 695.
(2) Hayem, *Loco citato*, p. 700.

ni la segmentation des noyaux, ni la diapédèse des globulins, ni les caractères qu'ils offrent à leur naissance. Ce premier procédé d'étude est donc tout à fait insuffisant.

Son second procédé consistant dans l'emploi du sérum iodé, et surtout du liquide A, rachète-t-il du moins l'insuffisance du premier ? Nullement. Il montre les hématies en les retractant et les déformant un peu, mais ne montre pas ou ne montre que très imparfaitement les leucocytes ; ceux qu'on entrevoit sont plus ou moins rétractés aussi, plus ou moins modifiés dans leur aspect et souvent même profondément altérés : c'est à *ces globules ainsi rétractés, modifiés et altérés que M. Hayem donne le nom d'hématoblastes.*

Dans ces conditions, ils ne ressemblent plus en effet aux globules blancs, et ne sont pas non plus assimilables aux globules rouges. Quoi de plus simple, de plus naturel et de plus logique que de les considérer alors comme un élément à part ; étant plus petits que les hématies, pour leur donner naissance, il leur suffira de croître. Telle est l'opinion de M. Hayem sur le mode d'évolution des hématies chez les vivipares.

Celle qu'il adopte sur le développement de ces mêmes hématies chez les ovipares ne diffère pas de la précédente. Elle est fondée sur les mêmes considérations, et sur l'emploi des mêmes procédés. Seulement à son liquide A plus spécialement applicable aux Mammifères, il ajoute son liquide B auquel il donne la préférence pour les autres Vertébrés. Ce second liquide se compose des éléments suivants :

Liquide B.

Eau	200
Chlorure de sodium pur..................	1
Sulfate de soude pur....................	5
Bichlorure de mercure pur...............	0 50
Glycérine neutre à 28° B................	10

On voit que ce second liquide ne diffère du premier que par l'addition d'une certaine quantité de glycérine.

Ainsi, pour cet auteur les globules rouges, dans toute la série des Vertébrés, ont pour origine des globules de même nature, ou globules jeunes, qui s'accroissent peu à peu, et qui par le fait seul de cet accroissement deviennent des hématies adultes. Entre ces hématies et les leucocytes par conséquent, nulle parenté, pas la moindre filiation ; les deux ordres de globules sont de

nature tout à fait différente. Mais s'ils diffèrent si complètement, pourquoi voyons-nous les noyaux des globules blancs se segmenter pour donner naissance aux globulins? Pourquoi ces globulins en sortent-ils pour se répandre dans le plasma sanguin? Pourquoi s'entourent-ils si rapidement d'une enveloppe, puis d'une couche de protoplasma? Pourquoi se développent-ils de plus en plus, jusqu'au moment où ils deviendront des leucocytes types ou leucocytes adultes? Pourquoi ces leucocytes types, si granulés au début, se transforment-ils progressivement en cellules incolores sphériques, puis en cellules incolores elliptiques à noyau circulaire, puis enfin en cellules incolores elliptiques à noyau elliptique aussi, c'est-à-dire en hématoblastes? car c'est à cette période avancée de leur développement que M. Hayem les prend. Supprimant ainsi d'un trait de plume toutes les périodes antérieures, il leur donne un nom nouveau pour montrer qu'il s'agit d'une chose nouvelle, puis nous dit triomphalement : voilà mes hématoblastes que personne n'avait vus. Comment, M. Hayem, personne ne les a vus!!! Mais Wharton Jones les a vus; il les a même représentés; M. Vulpian les a vus aussi, parfaitement bien vus; et tous deux les considèrent comme provenant des globules blancs. Vous ne connaissez pas Wharton Jones? c'est un homme de peu! soit. Mais M. Vulpian n'est pas sans quelque notoriété scientifique; il ne vous est pas absolument inconnu; vous auriez pu le citer. Il est vrai que M. Vulpian dit juste le contraire de ce que vous dites; il est vrai aussi que vous ne pouviez le citer sans essayer de le réfuter; il est vrai également que toute réfutation vous était impossible. En cette occurrence délicate, qu'avez-vous fait? eh bien! *imitant de Conrard le silence prudent*, vous n'avez ni cité ni essayé de réfuter. C'est une manière vraiment trop facile d'avoir raison.

L'erreur dans laquelle est tombé M. Hayem en affirmant que les deux ordres de globules sont de nature totalement différente, tient surtout à trois causes : d'abord à ses procédés d'étude essentiellement défectueux, puis à sa constante préoccupation de vouloir observer simultanément les hématies et les leucocytes, et enfin à sa regrettable résolution de repousser toutes les recherches antérieures aux siennes, sans même leur accorder la plus simple motion.

L'insuffisance de ses procédés d'étude sera facilement reconnue de tous les observateurs qui en feront l'application. Qu'ils veuillent bien examiner un sang quelconque, celui de l'homme par exemple, puisque M. Hayem le prend pour

type, en employant comparativement les réactifs qu'il recommande et ceux que j'ai mis en usage, une soudaine lumière naîtra de la comparaison. Le sérum iodé, le liquide A et le liquide B ne leur apprendront rien sur l'origine des leucocytes, rien sur leur développement, rien sur leurs formes transitoires si importantes à connaître au point de vue de l'hématogénèse. Ils ne verront que des corpuscules sans caractères définis pour la plupart, représentant chacun le vestige, l'ombre, le squelette d'un globule blanc. L'acide acétique dilué, seul, ou associé à l'alcool dilué aussi, fera, au contraire, immédiatement apparaître les leucocytes et permettra de les suivre dans toutes les phases de leur évolution, depuis l'état de simples globulins en voie d'éruption, jusqu'au moment où ils entrent dans leur période de coloration. Il permettra aussi de constater avec tout l'éclat de l'évidence qu'il n'y a réellement que deux ordres d'éléments figurés, et que le troisième, désigné par M. Hayem sous le terme d'hématoblaste, est le résultat de ses réactifs qui altèrent les globules blancs au point de les rendre souvent méconnaissables.

Pourquoi cet auteur s'est-il refusé à faire usage de l'acide acétique dilué? Pourquoi ne tient-il aucun compte des conseils de Wharton Jones et de M. Vulpian, qui l'un et l'autre en ont retiré de si grands avantages? Dédaignant la voie si honorablement parcourue par ses prédécesseurs, il a voulu marcher seul à la conquête de la vérité, avec ses procédés à lui, avec ses propres inspirations, ambition bien grande qui l'exposait à rencontrer plus d'un écueil sur sa route, et qui, en effet, lui a été fatale.

Ma seconde objection n'est pas moins fondée que la précédente. Vouloir étudier les deux ordres de globules, simultanément, avec le même réactif, c'est se condamner à ne les bien voir ni l'un ni l'autre. S'il est un fait que l'observation nous révèle tout d'abord, c'est la nécessité de procéder séparément à leur examen. Les réactifs qui conviennent pour les globules rouges ne conviennent nullement pour les globules blancs, et réciproquement. Il importe donc de les observer chacun avec les procédés qui leur sont applicables. Après avoir pris connaissance des hématies, on les sacrifie pour mettre en plus complète évidence les leucocytes qu'elles dérobent à la vue, pour la plupart, par suite de leur multiplicité. C'est alors qu'on utilise l'acide acétique dilué, qui fait disparaître les globules rouges et qui, en même temps, fait apparaître les globules blancs.

Telle est la marche à suivre dans leur étude. Ce n'est pas celle cependant

qu'a cru devoir suivre M. Hayem. Il a voulu absolument réunir dans un même tableau les blancs et les rouges. Les rouges, qui étaient plus spécialement l'objet de sa sollicitude, ont moins souffert de cette association ; les blancs, au contraire, d'une structure plus délicate, comme tous les êtres d'un développement moins avancé, en ont souffert beaucoup. Il n'a donc vu les uns et les autres, les seconds surtout, qu'à travers une sorte de nuage; et ce nuage, il a fait évidemment les plus grands efforts pour le dissiper. Mais vaines tentatives! On le retrouve dans sa description des hématoblastes! Car, en dépit des détails minutieux et presque fatigants dans lesquels il est entré, elle reste obscure : c'est le sort des esprits les plus distingués lorsque, dominés par une idée préconçue, ils veulent à tout prix la faire prévaloir.

Enfin, troisième et dernière objection, M. Hayem ne tient aucun compte des recherches de ses prédécesseurs. Elles existent pour le commun des mortels; elles n'existent pas pour lui. Je prendrai cependant la liberté de lui faire remarquer que plusieurs physiologistes d'un mérite incontesté avaient déjà élucidé le sujet sur lequel il a bien voulu répandre, à son tour, toutes les clartés de son intelligence. Je me contenterai d'en mentionner deux; deux seulement! et, au risque de lui déplaire, je ferai réapparaître pour un instant Wharton Jones et M. Vulpian. Il n'a pas cru devoir les citer; je vais donc les citer pour lui. Wharton Jones, quoi qu'il en pense, est un observateur éminent; il avait largement ouvert la voie dans laquelle tant d'autres sont entrés après lui, sans atteindre la hauteur à laquelle il s'est élevé. Or, que dit cet auteur? Il nous dit que jamais les hématies chez les Mammifères ne naissent de corpuscules plus petits qu'elles-mêmes, qu'elles naissent au contraire et constamment de corpuscules plus gros, et il nous montre les globules blancs se rapetissant de plus en plus, au point de n'être plus représentés que par leur noyau au moment où ils leur donnent naissance (1). Que dit M. Vulpian? Il tient exactement le même langage sur les hématies des ovipares : « Je n'ai pas vu » un seul globule rouge de petites dimensions. Il est donc impossible d'ad- » mettre qu'il se forme chez les grenouilles de jeunes globules rouges, d'abord » petits, puis arrivant aux dimensions normales par un accroissement pro- » gressif (2). »

(1) Wharton Jones, *Opere citato*, p. 63, pl. I.
(2) Vulpian, *Opere citato*, p. 1283.

Ainsi M. Hayem tient pour non avenues toutes les recherches antérieures aux siennes, sans daigner même les mentionner. Ce qu'il y a de vrai dans ces recherches, il le nie. Ce qui a été jugé utile, il le repousse. C'est sur des ruines qu'il reconstruit; et avec quels matériaux? avec des faits qu'il déclare exacts et que nous avons reconnus erronés; avec des procédés d'étude qu'il proclame excellents, et que nous avons dû rejeter comme défectueux. Édifiée sur une telle base, son œuvre était bien fragile ! Et cependant il la présente à ses contemporains, en prenant le ton superbe d'un réformateur qui a une foi pleine et entière dans sa solidité, dans sa valeur, dans son avenir, et qui confie à la postérité le soin d'en assurer le triomphe ! Pour se faire pardonner une si fière attitude, après tant de dédain et tant d'erreurs, il ne fallait rien moins qu'une grande découverte. Ses travaux sur le sang se recommandent-ils, en effet, par une supériorité éclatante ? Ayons le courage et la douleur de l'avouer, sa théorie de l'hématogénèse imprimerait à la science une marche rétrograde, s'il était donné à un auteur, quel que soit son mérite, d'en arrêter les progrès. Que M. Hayem ne s'épuise donc pas en vains efforts pour la défendre; elle n'est pas née viable. Elle tombe devant ces deux faits sans réplique :

1° L'observation démontre que ses hématoblastes ne sont pas de petits globules rouges, mais des globules blancs en voie d'évolution ;

2° Elle atteste avec non moins d'évidence que les globules rouges sont aussi des globules blancs, qui se sont modifiés en se chargeant d'hémoglobine et dont les trois parties constituantes semblent alors avoir disparu, mais qu'on fait immédiatement réapparaître en supprimant l'action chimique de l'oxygénation par une action chimique inverse. En d'autres termes, ce sont des globules blancs qui ont changé de couleur, et qui, en changeant de couleur, semblent avoir changé de nature; mais en les décolorant, on voit qu'ils n'ont rien perdu de leur nature primitive; ils reprennent la forme, l'aspect, la constitution qu'ils offraient avant leur coloration; ils reviennent, en un mot, à l'état de globules blancs, et protestent alors, par leurs attributs les plus caractéristiques, contre l'opinion qui leur refuse toute parenté avec ces corpuscules.

Je dois ajouter que lorsqu'on se propose de ramener les globules rouges à l'état de globules blancs, on éprouve parfois des déceptions assez grandes. Les réactifs que j'ai recommandés donnent ce résultat, mais à la condition que le sang soumis à l'action de ces réactifs est en état de bonne conservation.

M. Hayem pense que le sang doit être examiné au moment même où il sort des vaisseaux, et qu'il s'altère presque aussitôt si on le laisse exposé au contact de l'air. C'est une immense exagération. Les hématies peuvent être ramenées à l'état de leucocytes un jour, deux jours, et quelquefois même trois jours après leur sortie de l'appareil circulatoire. Mais souvent aussi elles s'altèrent assez rapidement. C'est donc, dès le premier jour et même dès les premières heures, qu'il convient de les soumettre à l'examen microscopique.

Il ne suffit pas de savoir que pendant un ou deux jours les hématies et les leucocytes se conservent assez bien pour se prêter à de bonnes observations ; il importe encore d'être prévenu que le sang pris dans les abattoirs peut être déjà altéré dès qu'il a été soumis au battage. C'est là la cause principale des déceptions qu'aura a subir tout observateur. Ainsi j'ai reçu hier matin, 21 mai, du sang provenant d'un cheval abattu depuis deux heures ; ce sang était profondément altéré. J'ai reçu aujourd'hui, 22 mai, du sang de bœuf et du sang de veau, recueilli quelques heures avant mon examen; il était altéré aussi, et déjà même il contenait des bactéries. On ne saurait donc prendre trop de précautions pour obtenir du sang véritablement pur. Dans ce but, le parti le plus sûr est de se rendre à l'abattoir, de le recueillir à sa sortie, de le battre soi-même dans un vase avec un assemblage de fils de fer ou de laiton, préalablement bien lavés, et de l'enfermer ensuite dans un flacon bouché à l'émeri. En usant de ces soins dont la nécessité s'impose, les réactifs que j'ai conseillés donneront les résultats indiqués, et les donneront immédiatement.

CHAPITRE IV

PATHOLOGIE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

Les éléments figurés du sang deviennent le siège très fréquent d'altérations morbides. Parmi ces altérations, les plus graves et malheureusement aussi les plus communes sont celles qui ont pour point de départ les globules blancs. Celles qui intéressent les globules rouges sont beaucoup plus rares et n'entraînent pas des conséquences aussi fâcheuses. Dans une étude complète de ces altérations, il conviendrait de les rattacher à trois principaux chefs : le

premier, embrassant toutes celles qui sont relatives aux leucocytes; le second, comprenant celles relatives aux hématies, et le troisième, celles qui portent à la fois sur les deux ordres de globules.

ARTICLE PREMIER

ALTÉRATIONS MORBIDES DES GLOBULES BLANCS

Quelques-unes de ces altérations ont pour résultat une simple hypertrophie des leucocytes. D'autres sont caractérisées par la prolifération et la diapédèse de ces globules. Assez souvent, elles ont aussi pour caractère essentiel leur prolifération; mais les leucocytes, en se multipliant, ne franchissent pas les limites de l'appareil circulatoire; ils restent mêlés aux hématies. Enfin, dans certaines conditions morbides, les globules blancs subissent la dégénérescence cancéreuse et deviennent alors le point de départ des tumeurs encéphaloïdes, sarcomateuses, mélaniques, etc.

§ 1. — Hypertrophie des globules blancs.

Ces altérations sont fréquentes. Elles ont été observées par M. Ch. Robin sur divers points de l'économie, et particulièrement sur les leucocytes de la lymphe et du sang qui restent stationnaires dans quelque dilatation variqueuse des lymphatiques et des veines du scrotum ou d'une tumeur érectile. Le même auteur les a rencontrées aussi sur les leucocytes du colostrum, des séreuses enflammées, et dans un grand nombre d'organes (1).

Très souvent, ces altérations ont pour siège les glandes vasculaires sanguines et les ganglions lymphatiques. Les amygdales se placent, sous ce rapport, au premier rang; viennent ensuite les ganglions du cou, du creux de l'aisselle et du pli de l'aine, puis la rate, le corps thyroïde, et enfin le thymus.

L'hypertrophie des leucocytes qui prennent naissance dans ces divers organes présente, au point de vue anatomique et physiologique, un très grand intérêt. Nous avons vu, en effet, qu'ils restent à l'état de simples globulins aussi longtemps qu'ils n'en ont pas franchi les limites; ils sont alors consti-

(1) Ch. Robin, *Dict. encycl. des sc. méd.* (article Leucocytes, p. 259).

tués par un noyau granuleux et arrondi qu'entoure une enveloppe se dessinant sur son contour sous l'aspect d'un arc, souvent même n'accusant nullement sa présence. Dans cet état de simplicité, on pouvait leur contester le caractère des leucocytes, bien que quelques-uns, dans le nombre, en offrent assez nettement tous les attributs. Mais sous l'influence des affections chroniques qui déterminent leur hypertrophie, ils prennent un accroissement assez rapide, tout à fait semblable à celui qu'ils acquièrent en arrivant dans le plasma sanguin. Leur volume reste cependant assez variable. Il en existe de toutes les dimensions. Seulement ceux qui revêtent les caractères des véritables globules blancs et qui se trouvent en très faible minorité à l'état normal, sont, au contraire, les plus nombreux. La plupart présentent le diamètre ordinaire des leucocytes, 9μ à 10μ. Quelques-uns sont plus considérables. Parvenus à ce degré de développement, leur nature alors ne peut plus être contestée. On les reconnaît à leur noyau bien manifeste, arrondi et granuleux, à leur protoplasma granuleux aussi, et à leur enveloppe non moins évidente (1).

L'hypertrophie des globulins a donc pour résultat de les faire passer de la première à la seconde période de leur développement, et en accusant fortement tous leurs attributs distinctifs, de démontrer leur nature qui était encore problématique pour quelques auteurs.

J'ai constaté cette hypertrophie sur des ganglions du cou et sur des ganglions du creux de l'aisselle qu'avait bien voulu m'adresser M. Berger; Les leucocytes des ganglions axillaires, en passant à l'état de globules blancs adultes, étaient devenus le siège d'une altération réelle; ils contenaient des granulations graisseuses, assez rares dans quelques-uns, très abondantes dans d'autres; plusieurs leucocytes en étaient remplis (2).

C'est sur les amygdales qu'on peut le plus facilement constater les effets habituels de l'hypertrophie des globulins. En raclant légèrement la surface d'une coupe faite sur un segment de ces glandes, on obtient un liquide séro-opalin qui, vu au microscope, se compose presque exclusivement de leucocytes bien caractérisés; l'acide acétique au 40e, seul ou additionné d'une quantité variable d'alcool au 10e, permet d'en étudier toutes les variét és (3).

(1) Pl. XV, fig. 1.
(2) Pl. XV, fig. 2.
(3) Pl. XV, fig. 3.

Ainsi les globulins, sous l'influence de certaines causes encore mal déterminées, mais qui semblent se rattacher pour la plupart à une inflammation chronique, peuvent se développer comme dans l'appareil circulatoire. L'accroissement qu'ils prennent alors constitue un phénomène à la fois physiologique et pathologique. Leur accroissement est un fait physiologique puisqu'ils sont appelés à se développer progressivement; mais cet accroissement s'opère dans un organe où il ne doit pas avoir lieu, et il a pour conséquence une augmentation de son volume; c'est donc par les effets qu'il entraîne et non par sa nature même que l'hypertrophie des globulins touche à la pathologie.

Cette hypertrophie est remarquable sous un autre rapport. On aurait pu conjecturer que les leucocytes, en passant par voie pathologique de la première à la seconde période de leur évolution, montrent quelque tendance à la prolifération; c'est ce qui a lieu à l'état normal. Dans l'état morbide, cette tendance ne semble pas exister; rien, du moins, ne vient l'annoncer ; les noyaux des leucocytes ne présentent aucune trace de segmentation; on trouve bien rarement des globulins dans ces leucocytes hypertrophiés : ainsi s'explique la lenteur avec laquelle les glandes vasculaires sanguines et les ganglions lympathiques augmentent de volume. Si la prolifération s'ajoutait à l'hypertrophie, cet accroissement de volume serait plus rapide, et les organes qui en sont le siège pourraient atteindre des dimensions presque indéfinies.

§ 2. — Altérations caractérisées par la prolifération et la diapédèse des globules blancs.

Toutes ces altératious peuvent être résumées en un seul mot, la suppuration : c'est dire combien elles sont fréquentes. Le pus, conséquence ordinaire des inflammations portées à un certain degré d'intensité, est un liquide séreux dans lequel flottent d'innombrables leucocytes. Ce fait, que M. Ch. Robin, l'un des premiers, a très nettement démontré, n'est plus contesté aujourd'hui (1). Mais d'où viennent ces leucocytes? Cohnheim, en 1867, dans ses recherches sur l'inflammation et la suppuration (2) a cherché à établir qu'ils proviennent des vaisseaux sanguins, et qu'ils traversent les

(1) Ch. Robin, *Dict. encycl. des sc. méd.*, art. Leucocytes.
(2) Cohnheim, *Sur l'infl. et la suppuration* (*Virchow's Arch.*, septembre 1867).

parois de ces capillaires par voie de diapédèse. Sur une grenouille curarisée cet auteur met l'intestin et le mésentère à nu. Le simple contact de l'air extérieur suffit pour provoquer un état inflammatoire, et l'accumulation des globules blancs sur certains points. On voit d'abord les artères se dilater; les veines se dilatent ensuite. C'est sur ces veines dilatées que l'observateur doit plus particulièrement fixer son attention. Il ne tarde pas à remarquer que le courant sanguin parcourant leur cavité se décompose en deux colonnes : l'une, centrale, constituée par les globules rouges; l'autre, périphérique, formée de globules blancs. De la couche périphérique se détachent çà et là quelques-uns des globules qui en font partie, pour s'engager dans la paroi correspondante, en dehors de laquelle ils font une très minime saillie. Peu à peu la saillie extérieure augmente; le corpuscule est alors comme partagé en deux moitiés égales reliées l'une à l'autre par un étranglement intra-pariétal. Puis cette saillie extérieure s'accroît pendant que la saillie intérieure diminue; et bientôt le globule tout entier est sorti des voies de la circulation. D'autres se comportent de même. Ils s'accumulent ainsi autour du vaisseau, en formant de petits amas inégaux, qui s'accroissent, se rapprochent, se confondent et finissent par entourer la veinule dont ils. proviennent. Des phénomènes semblables se passent du côté des capillaires. Mais à la diapédèse des leucocytes se joint alors celle des hématies qui, cependant, semblent ne pouvoir s'échapper que plus difficilement; car on n'en trouve jamais qu'un petit nombre au milieu des globules blancs.

Ainsi pour Cohnheim les globules du pus sont des globules blancs en voie d'*émigration*. Sa théorie de la suppuration comprend deux faits principaux, dont l'un est relatif à l'origine des globules du pus, et l'autre à leur diapédèse. Sur l'un et l'autre point je partage son opinion. Mes observations sur la circulation du sang dans la nageoire caudale des têtards m'ont nettement démontré que les globules blancs et rouges peuvent sortir et sortent en effet des voies de la circulation.

Le même auteur, revenant sur sa doctrine, en 1873, s'attache à expliquer le mode suivant lequel s'opère l'émigration des leucocytes. Il pense que l'inflammation a pour effet d'altérer les parois des vaisseaux et de préparer ainsi la diapédèse des leucocytes. Cette explication trop mécanique n'ajoute rien à la valeur de l'opinion qu'il défend. Sur mes têtards curarisés et en pleine intégrité des vaisseaux capillaires, j'ai vu les deux ordres de globules

traverser les parois de ces vaisseaux qui n'offraient nulle trace d'inflammation et nulle trace, par conséquent, d'altération. Le fait a lieu de nous étonner sans doute, et l'explication en est difficile; mais prenons-en d'abord possession; l'explication viendra plus tard. Remarquons d'ailleurs que cette diapédèse des leucocytes est dépassée en quelque sorte par une diapédèse plus surprenante encore, celle du noyau des hématies qui passe en masse à travers les parois de leur enveloppe, semblable à une mince lame de cristal. Ici il n'y a plus à faire intervenir des stomates, des fissures, des porosités, des altérations mécaniques ou morbides; le noyau a presque le diamètre de l'enveloppe, et il la traverse sans se déformer, sans se modifier et sans l'altérer, avec la même facilité que si elle n'existait pas. Si cette diapédèse des noyaux pouvait soulever le moindre doute, on l'attribuerait à une illusion, et il n'en serait plus question; mais elle est d'une si complète évidence, qu'ici encore il faut s'incliner devant le fait.

Les globules du pus proviennent donc de l'appareil circulatoire; ils en sortent le plus habituellement sous l'influence de l'inflammation, et par voie de diapédèse. Mais cette théorie n'est pas complète. Elle ne nous rend nullement compte de la multiplication si remarquable des leucocytes. Elle ne nous apprend rien aussi sur les modifications très réelles que subissent ces globules pendant et après leur émigration. Abordons l'étude de ces deux points. Nos connaissances actuelles sur la segmentation des noyaux, sur la diapédèse des globulins, sur les premières phases de leur développement nous permettront de résoudre sans peine les difficultés qu'ils soulèvent, difficultés jusqu'ici demeurées insolubles.

1° *Quelle est la cause de la multiplication indéfinie des globules du pus?* — Cette cause, il est à peine nécessaire de le dire, après les longs développements dans lesquels nous sommes entré, c'est la prolifération des globules blancs. Dans l'état normal elle préside au renouvellement incessant des globules rouges, dont elle maintient le nombre en rapport avec les exigences du développement des organes et de leur nutrition. Sous l'influence de plusieurs causes, mais particulièrement à la suite des phlegmasies aiguës, elle devient incomparablement plus active, et les générations de leucocytes se succèdent avec une telle rapidité, ils s'accumulent sur un point donné avec une telle abondance, qu'on voit se produire alors ces tumeurs fluctuantes, de volume

variable, parfois très petites, mais souvent aussi considérables, connues sous le terme générique d'abcès. Pour expliquer la formation si prompte de ces tumeurs et les grandes dimensions qu'elles peuvent acquérir, rappelons que le nombre de leucocytes croît en progression géométrique, et que chacun d'eux à la dixième génération ne compte pas moins de 450 000 rejetons (1). Or, à voir l'énorme quantité de pus qui s'écoule de certains abcès, comme, par exemple, des abcès diffus du tronc ou des membres, on peut conjecturer que dans une seule journée le nombre des générations dépasse cette limite, et que les globules purulents qui se forment après une durée de vingt-quatre heures appartiennent à une douzième ou quinzième génération; et comme c'est le plasma sanguin qui fait les frais de ces grandes proliférations, lorsqu'elles se prolongent, elles ont pour résultat un rapide épuisement des forces de l'organisme.

La théorie complète de la suppuration peut donc être ainsi formulée : le noyau des leucocytes contenus dans les capillaires traversant le foyer de l'inflammation se segmente; et chaque globule blanc contient alors le plus habituellement de trois à quatre globulins. Ceux-ci s'échappent par diapédèse de la cavité qu'ils occupent, tombent dans le plasma sanguin, s'accroissent avec la plus extrême rapidité, et deviennent presque aussitôt le point de départ d'une nouvelle génération, qui en produit une troisième, une quatrième, etc. Pendant que les générations se succèdent et s'entassent dans des tubes devenus trop étroits, les globules en voie de prolifération traversent les parois des capillaires, et convergent vers un point central sur lequel ils se réunissent. Les mêmes phénomènes continuant, et de nouveaux globules purulents venant sans cesse s'ajouter aux premiers, la collection s'accroît en prenant des dimensions variables selon le siège et le degré de l'inflammation (2).

C'est donc de la cavité des vaisseaux que viennent les globules du pus; aussi lorsqu'on ouvre l'un des vaisseaux veineux qui se trouvent compris dans le foyer de l'inflammation, remarque-t-on qu'ils contiennent une très grande quantité de globules blancs en voie de prolifération. Ces globules, du reste, ne sortent pas tous des voies circulatoires; un certain nombre d'entre eux est entraîné par le courant sanguin et va se mêler à la masse totale du liquide

(1) Voy. page 38.
(2) Pl. XIV, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

nourricier, d'où l'accroissement constant de la proportion des globules blancs dans le sang à la suite de toutes les phlegmasies, accroissement qui varie aussi selon l'importance de celles-ci.

Ainsi formulée, la théorie de la suppuration nous laisse entrevoir très clairement son double caractère. La suppuration n'est en réalité, au moins à son début, que l'exagération d'un phénomène physiologique. En s'exagérant, ce phénomène produit l'émigration des globules proliférants, leur accumulation sur tel ou tel point de l'économie, la formation d'un abcès, etc. ; c'est donc par ces conséquences qu'il se rattache à la pathologie.

Nous savons actuellement d'où vient le pus. Pour en compléter l'étude il nous reste à déterminer les attributs qui sont propres aux globules purulents.

2° *Quels sont les attributs qui distinguent ces globules? Sont-ils identiques aux globules blancs? ou bien en diffèrent-ils par quelques-uns de leurs caractères?*— Les globules du pus sont des globules blancs en voie de prolifération. Ils ont donc la plus grande analogie avec les leucocytes ordinaires, mais s'en distinguent cependant sous plusieurs rapports. En effet, les leucocytes ordinaires se présentent sous des aspects et des volumes très divers, répondant aux différentes phases de leur développement. Les globules du pus, au contraire, se ressemblent presque tous : ils ont à peu près le même volume; ils contiennent généralement de trois à quatre globulins. Leur protoplasma est d'une extrême ténuité, comme, du reste, dans tous les leucocytes en voie de segmentation. Ainsi, égalité de volume, transparence parfaite, noyau segmenté, identité d'aspect, tels sont les caractères propres aux globules du pus, caractères auxquels vient s'ajouter encore la singulière aptitude qu'ils possèdent de traverser par diapédèse les parois des capillaires sanguins.

Pour prendre connaissance des globules du pus, on les traitera par l'acide acétique dilué, associé à l'alcool dilué aussi. Voici deux formules qui donnent, chacune, d'excellents résultats :

1re formule	Alcool au 10e..................	19	parties.
	Acétique ordinaire..............	1	—
2e formule	Alcool au 10e..................	1	partie.
	Acétique au 10e...............	1	—

J'ai fait usage de beaucoup d'autres formules encore. Mais les réactifs qui précèdent me paraissent les meilleurs. Ils montrent les leucocytes du

pus avec une très grande netteté et immédiatement. Ils ont en outre l'avantage de les conserver. Je viens de revoir les différentes variétés de pus qui m'ont été obligeamment remises à différentes époques. Elles sont dans un état parfait de conservation, bien que je les possède depuis plus d'un an, et quelques-unes depuis près de deux ans. Ces réactifs, par conséquent, peuvent être rangés au nombre des agents antiseptiques. Je les signale à l'attention de MM. Gosselin et A. Bergeron qui ont publié sur le mode d'action de ces agents d'intéressantes recherches (1). A ces deux formules, je crois devoir ajouter encore celle-ci dont je me suis servi également avec beaucoup d'avantage :

3e formule	Alcool au 10°.............	1	partie.
	Acétique au 15°...............	1	—

En parlant du pus j'ai prononcé le nom de variété. Il en existe en effet plusieurs. Il y a un pus blanc et crémeux, un pus jaunâtre, qu'on rencontre plus rarement que le précédent, un pus lymphatico-sanguin de couleur grisâtre, et enfin un pus séreux de teinte opaline.

Le pus blanc et crémeux est celui qui provient d'une inflammation aiguë, sans complications, parcourant rapidement toutes ses périodes; le sérum est peu abondant, d'où sa consistance plus grande. Les globules qui nagent dans ce sérum sont tous en voie de segmentation; pour quelques-uns la segmentation commence; dans presque tous elle est complète; dans d'autres, les globulins commencent à s'engager dans les parois de leur enveloppe, ou l'ont déjà en grande partie traversée.

Le pus jaunâtre est redevable de sa coloration à la présence de granulations graisseuses disséminées dans le protoplasma et mêlées aussi aux globulins. J'en ai reçu un très bel échantillon dont je suis redevable à l'obligeance de mon savant collègue M. L. Le Fort. Quelques leucocytes ne contenaient qu'un très petit nombre de ces granulations. Mais elles se montraient en grande abondance dans la plupart; certains globules en étaient presque remplis. Les pus de couleur jaunâtre peuvent être considérés comme étant de mauvaise nature; car dans le pus provenant d'une lésion franchement inflammatoire on ne rencontre jamais de semblables granulations.

Le pus grisâtre ou lymphatico-sanguin est moins connu que les précédents.

(1) Gosselin et Albert Bergeron, *Deuxième note sur les effets et le mode d'action des antiseptiques; effets sur le pus* (*C. R. Acad. des sc.*, t. LXXXIX, 17).

Il est aussi plus rare. Je n'ai eu qu'une seule fois l'occasion de le soumettre à l'examen microscopique. Ce pus, qu'avait bien voulu me remettre M. P. Segond, provenait de la surface d'un moignon d'amputation en voie de cicatrisation. Il contenait des globules blancs à noyau segmenté, et des globules rouges, en proportion à peu près égale. Les hématies étaient décolorées pour la plupart et granuleuses, d'autant plus granuleuses que la décoloration était plus complète. L'inflammation avait agi sur elles comme les réactifs qui ont la propriété de les faire reparaître. Ces globules rouges décolorés étaient encore très reconnaissables à leur contour circulaire et à leur forme aplatie; ils avaient seulement perdu leur biconcavité. Quelle était leur origine? Très probablement ils sortaient aussi des capillaires sanguins, dont ils avaient traversé par diapédèse les parois en même temps que les leucocytes. Une cause inconnue avait provoqué cette double émigration. Indépendamment de ces hématies décolorées et granuleuses, on observe assez souvent d'autres hématies qui n'ont rien perdu de leur couleur normale. Mais ces dernières proviennent des incisions faites pour donner issue au pus des abcès. Leur présence est due à une cause toute traumatique; et il est digne de remarque qu'elles peuvent séjourner assez longtemps dans les collections purulentes, en conservant leur complète intégrité.

Le pus séreux a pour attribut distinctif la prédominance de sa partie liquide sur ses particules solides. Après leur ouverture et leur mise en contact avec l'air atmosphérique, les abcès ossifluents prennent assez souvent ce caractère; et ils ne tardent pas, dans ces conditions, à présenter les phénomènes qui accompagnent la putridité. C'est alors le sérum qui s'altère, et non les leucocytes. Ceux-ci sont beaucoup moins putrescibles. Immergés dans un liquide sanieux, qui répand une odeur fétide, ils résistent assez longtemps à son action; et si leur nombre diminue de plus en plus, c'est moins parce qu'ils disparaissent que parce qu'ils cessent de se produire. La cause morbide qui provoque l'exhalation du plasma sanguin en le dénaturant, rend la diapédèse des globules blancs plus difficile et tend même à la supprimer.

A toutes les variétés précédentes vient s'ajouter encore le pus mixte, dans lequel on rencontre à la fois des leucocytes à noyau segmenté, des leucocytes sans aucune trace de segmentation et assez nombreux, des globules blancs contenant des granulations graisseuses, et enfin des globules rouges décolorés et granuleux, ou offrant leur coloration normale.

§ 3. — Affections qui produisent la prolifération des globules blancs sans déterminer leur diapédèse.

Un très grand nombre d'affections ont pour résultat de produire un accroissement plus ou moins notable dans le nombre des globules blancs sans en provoquer l'émigration. A cette classe de lésions appartiennent toutes les hémorrhagies, quels qu'en soient la cause et le siège, les maladies septicémiques, la fièvre puerpérale, les affections typhoïdes, etc. A cette classe aussi se rattachent toutes les phlegmasies qui peuvent atteindre nos divers organes sans être suivies de suppuration. Mais au premier rang, parmi elles, nous devons placer la leucocythémie, qui mérite de fixer plus spécialement notre attention.

La leucocythémie est une affection générale essentiellement caractérisée par l'accroissement très considérable du nombre des globules blancs. Cette augmentation dans le nombre des leucocytes est telle, qu'au lieu de la proportion ordinaire de 1 : 300, on observe alors les proportions de 1 : 40, 1 : 20, 1 : 10, 1 : 5, 1 : 2, 1 : 1. Ainsi, dans certains cas d'une gravité exceptionnelle, les deux ordres de globules se présentent en nombre égal.

A ce premier caractère vient s'en joindre un autre, qui n'est pas moins remarquable : ce qui domine dans le sang, ce ne sont pas en général les leucocytes de grandes dimensions, mais les petits leucocytes ou globulins. Un fait fort intéressant, observé par M. Ch. Robin et Isambert, nous montre que le nombre de ces globulins peut s'élever à un chiffre bien inattendu (1). « Les » globules blancs étaient aux globules rouges : : 2 : 1. Ces éléments offraient » cela de remarquable que les globulins l'emportaient de beaucoup en quan- » tité sur les globules blancs... Ces derniers n'étaient réellement pas plus » nombreux qu'à l'état normal; les globulins étaient, au contraire, à ces der- » niers : : 80 : 1. »

D'où viennent ces leucocytes qui sont encore, pour la plupart, dans la première période de leur évolution? Les auteurs qui se sont livrés à des études spéciales sur la leucocythémie sont d'accord pour en placer le point de départ

(1) Ch. Robin et Isambert, *Note sur un cas de leucocythémie* (*C. R. et Mém. de la Société de biologie*, année 1856, p. 73 et suiv.).

dans les glandes vasculaires sanguines et les ganglions lymphatiques. Leur opinion est fondée sur l'hypertrophie dont ces organes deviennent alors le siège. Mais tous ne participent pas à cette hypertrophie chez le même malade. Le plus habituellement elle porte sur la rate; très souvent aussi sur les ganglions lymphatiques. De là, pour Virchow, deux variétés principales : la *leucocythémie splénique* et la *leucocythémie lymphatique ou ganglionnaire*. A ces deux variétés, Béhier a cru pouvoir en ajouter une troisième : chez un malade, il a constaté un très notable développement des follicules clos des intestins; et il a été ainsi conduit à admettre une *leucocythémie intestinale*, qui a pour conséquence, comme les précédentes, une affection générale.

Ces faits connus et brièvement rappelés, abordons la théorie de la leucocythémie. Pour les observateurs, déjà très nombreux, qui ont cherché à l'exposer, les globules blancs augmenteraient de nombre parce que les organes qui président à leur formation en produisent davantage, et en déversent dans le torrent de la circulation des quantités de plus en plus grandes à mesure que progresse leur hypertrophie. Ainsi s'expliquerait, et leur accroissement de nombre et la prédominance des globulins; car nous avons vu que dans ces organes les leucocytes restent à l'état de globulins.

Cette théorie, assez généralement admise, semble reposer sur une base rationnelle et positive. Elle n'est pas cependant en complète harmonie avec les faits nouveaux que j'ai fait connaître sur le mode d'évolution et sur le mode de multiplication des globules blancs. Nous avons vu que ces globules ne s'accroissent pas et ne se multiplient pas dans les organes qui président à leur formation. Il résulte de ce fait que leur production, si abondante qu'elle soit, ne saurait nous expliquer comment le nombre des leucocytes peut s'élever au point d'égaler parfois celui des hématies. Il faudrait qu'alors le chiffre des globules déversés dans l'appareil de la circulation fût 100, 200 et 300 fois aussi considérable que dans l'état normal, ce qui n'est pas admissible. La prolifération de ces globules dans le plasma sanguin est encore ici la véritable et la principale cause de leur multiplication. Les globulins se développent en se mêlant aux hématies; leur développement sous l'influence de la cause, encore inconnue, qui détermine la leucocythémie, devient beaucoup plus rapide. Chacun d'eux, par la segmentation de son noyau, est l'origine d'une première génération, puis celle-ci d'une seconde, et la seconde d'une troisième, etc., et les

générations, en se succédant ainsi, ont pour conséquence fatale une surabondance excessive de globules blancs.

L'augmentation du nombre des globulins versés dans les vaisseaux sanguins à la suite de l'hypertrophie des organes qui les produisent n'est donc pas la cause première et principale de la leucocythémie. Cette cause première et principale réside dans la prolifération des globules blancs; mais il est bien évident que le nombre des globulins provenant des divers organes producteurs augmentant, la prolifération acquiert par ce fait même une plus grande importance.

Ainsi l'énorme accroissement du nombre des globules blancs, qui constitue le caractère anatomique de la leucocythémie, est dû à deux causes : d'abord à une cause principale, la prolifération de ces globules; puis à une cause accessoire, la production plus abondante des globulins. Telle serait, d'après mes recherches, la vraie théorie de cette redoutable affection. Elle trouve sa justification dans l'ensemble des faits observés par les divers auteurs. Parmi ces faits je mentionnerai : 1° la multiplicité relative des globulins, dont les uns viennent des organes producteurs et les autres des globules proliférants; 2° la présence constante dans le sang de globules en voie de prolifération, globules que tous les observateurs ont vus sans saisir les conséquences si importantes qui découlent de la segmentation de leur noyau; 3° et enfin la présence, non moins constante, de globules très jeunes, représentant par leur évolution progressive, comme autant d'échelons, toutes les phases intermédiaires à l'âge fœtal et à l'âge adulte.

La leucocythémie est une affection diamétralement opposée sous tous les rapports à la suppuration. Celle-ci est une affection locale; la leucocythémie est une affection générale. Dans l'une et l'autre il y a prolifération et surabondance excessive de globules blancs. Mais dans la suppuration, ces globules émigrent en vertu de leur diapédèse. Dans la leucocythémie, il n'y a pas émigration; en se multipliant, ils se répandent dans toutes les voies de la circulation; c'est pour ainsi dire une suppuration à l'intérieur. Le traitement de la suppuration consiste à ouvrir une issue aux globules purulents et à en faciliter le libre écoulement au dehors. Le traitement rationnel de la leucocythémie consisterait surtout à ranimer par tous les moyens possibles la puissance de l'oxygénation, qui semble s'être affaiblie, et qui peut-être en s'abaissant devient l'une des causes de la multiplication des globules blancs; peut-être même dans quelques

cas cette cause inhérente aux fonctions de la respiration acquiert-elle une importance qui ne semble pas avoir suffisamment fixé l'attention des pathologistes.

§ 4. — Altérations cancéreuses des globules blancs.

J'ai longtemps cherché à reconnaître la part que le système lymphatique et les globules blancs pouvaient prendre dans les dégénérescences cancéreuses. Pendant près de deux années, j'ai soumis dans ce but à l'examen microscopique un très grand nombre de tumeurs encéphaloïdes, sarcomateuses, squirrheuses et mélaniques. J'ai examiné aussi des tumeurs épithéliales. Je voyais bien les cellules cancéreuses; mais d'où venaient ces cellules? Étaient-elles une simple altération de cellules préexistantes, ou des cellules de formation nouvelle? Revêtent-elles un caractère spécifique et viennent-elles d'une source unique, toujours la même? Ou bien offrent-elles des formes multiples et proviennent-elles d'origines diverses? Toutes ces questions que je me posais sans cesse étaient restées pour moi à l'état de problème; et désespérant d'en trouver la solution devant laquelle tant d'observateurs éminents avaient déjà échoué, je renonçais à poursuivre ces recherches, fort intéressantes sans doute, mais toujours sans résultat.

Depuis plus de trois ans, elles avaient cessé de me préoccuper, et je persistais dans ma résolution de ne plus jamais aborder un sujet d'études qui avait été pour moi si fécond en déceptions, lorsque, le 23 mai 1880, deux hommes employés dans un abattoir vinrent me présenter une énorme tumeur provenant d'une jument et considérée par eux comme la matrice de cet animal distendue par le produit de l'accouplement. Je ne partageais pas leur opinion; car la tumeur, assez régulièrement arrondie et un peu bosselée, ressemblait plutôt à une hydropisie enkystée de l'ovaire ou à une tumeur encéphaloïde; et comme j'étais alors fort occupé de mes recherches sur le sang dont je tenais à ne pas me laisser détourner, j'engageais les deux porteurs de cette tumeur à la présenter à M. Ch. Robin. Il était alors près de quatre heures. A six heures et demie du soir, je reviens à l'École pratique et je retrouve mes deux hommes toujours en possession de leur tumeur que M. Ch. Robin avait également refusée. Arrive alors mon savant collègue M. Mathias Duval. Nous convînmes qu'on allait ouvrir la tumeur et qu'elle serait remportée si c'était une tumeur ovarique ou encéphaloïde, comme nous le pensions.

La tumeur présentait à sa surface des veines volumineuses, dont plusieurs étaient de la grosseur du doigt. Avant l'incision je voulus recueillir le sang de l'une de ces veines afin de l'utiliser pour les recherches que je poursuivais alors. Cette opération préalable terminée on incise la tumeur : c'était un type de tumeur encéphaloïde. L'occasion était belle pour moi de reprendre mes études anciennes; mais je restai fidèle à ma résolution et je me rendis dans mon laboratoire pour examiner le sang pris dans une veine périphérique. J'en dépose une gouttelette sur une lame de verre, et je la recouvre d'une grosse goutte d'acide acétique au 50ᵉ. Au premier coup d'œil j'aperçois de nombreux globules blancs présentant tous l'aspect des cellules cancéreuses que j'avais autrefois si souvent observées. Quelques leucocytes étaient encore peu altérés et se présentaient avec tous leurs attributs caractéristiques; les autres offraient une altération plus avancée; et beaucoup étaient le siège d'une dégénérescence cancéreuse des plus manifestes. J'examine une seconde gouttelette, puis une troisième : même résultat. Je me redresse alors plein d'une vive émotion. Ce problème devant lequel j'avais pâli pendant deux ans et que j'avais renoncé à poursuivre, ce problème était enfin résolu; et c'est une circonstance toute fortuite qui m'en apportait la solution! Il y avait une cellule cancéreuse! et cette cellule était un globule blanc!

Cette tumeur que j'avais repoussée, dédaignée, devenait ainsi à mes yeux un trésor inespéré. Je descends précipitamment; j'accours vers le laboratoire de mon savant collègue, M. Ch. Robin. Mais la nuit arrivait à grands pas; chacun était parti, je trouve la porte close. Mes regrets étaient grands, lorsque mes regards tombent sur un ruisseau dans lequel flottaient çà et là des débris informes : c'étaient les débris de ma tumeur qu'un heureux hasard venait m'offrir pour la seconde fois. Je m'empressai de les recueillir et de les transporter dans mon laboratoire. Le lendemain j'arrive à une heure plus matinale que de coutume, attiré par le vif désir de confirmer une découverte qui me semblait appelée à éclairer d'un jour tout nouveau l'origine et l'histoire de l'une des plus redoutables maladies qui puisse affliger l'humanité.

Je soumis d'abord à l'examen microscopique le sang contenu dans les veines, très nombreuses et très volumineuses, qui rampaient à la surface de la tumeur et qui provenaient de son épaisseur. J'examinai ensuite la tumeur elle-même, en passant en revue toutes ses parties constituantes.

1° *Sang contenu dans les veines.* — Ce sang était au sang ordinaire ce qu'est le vin trouble au vin clair; en d'autres termes, c'était un sang sanieux. Par conséquent ce n'étaient pas seulement les particules solides qui étaient altérées; c'était aussi le plasma. A cette double altération je donnerais volontiers le nom de *virus cancéreux*, dénomination autrefois extrêmement vague, mais qui prend ici une acception très nette. Ainsi défini, le virus cancéreux est un liquide composé d'un plasma dégénéré, et de particules solides dégénérées aussi, qui se mêle à la masse sanguine, qui lui communique le principe morbide dont il est imprégné, et qui infecte toute l'économie, en prédisposant chacun de nos organes à une dégénérescence cancéreuse secondaire.

Les globules blancs répandus en très grand nombre dans ce liquide sanieux avaient très notablement augmenté de volume. Les plus petits offraient un diamètre qui variait de 9μ à 12μ. Celui des plus gros atteignait jusqu'à 25μ et 30μ. Tous étaient infiltrés de granulations graisseusses, peu nombreuses encore dans quelques-uns, très abondantes dans la plupart d'entre eux. Dans les leucocytes les moins altérés et les moins volumineux le noyau avait conservé sa forme régulièrement arrondie; ses dimensions étaient seulement un peu plus considérables; il était infiltré de granulations graisseuses comme le protoplasma. Dans d'autres, ce noyau se trouvait représenté par deux gros globulins; dans d'autres, par trois, quatre, cinq globulins un peu plus petits; dans les leucocytes les plus gros, le nombre des globulins s'élevait jusqu'à huit ou neuf. Tous ces globulins contenaient également des granulations graisseuses (1).

Mais un fait bien digne de remarque et que je n'avais pas encore observé vint frapper mon attention. Les globulins qui, dans l'état le plus ordinaire, ont une très grande tendance à émigrer pour se répandre dans le plasma, obéissaient ici à deux tendances contraires; ceux de certains globules sortaient par voie de diapédèse et devenaient le point de départ de générations nouvelles; dans d'autres globules, ils tombaient dans la cavité de l'enveloppe, se réunissaient à son centre et formaient alors ces groupes de 6 à 9 globulins qu'on rencontre dans les plus gros.

Quand aux globules rouges, ils avaient conservé leurs dimensions, leur forme, leur couleur normales. Ils étaient intacts et contrastaient singulièrement par leur intégrité avec l'altération profonde des globules blancs.

(1) Pl. XV, fig. 4 et 5.

2° *Parties constituantes de la tumeur.* — Mes observations ont porté tour à tour sur le stroma, les vaisseaux sanguins, les globules rouges et les globules blancs. Du stroma et des vaisseaux sanguins, je ne dirai rien ici; car leur disposition et leurs principales variétés ont été bien décrites par la plupart des auteurs; les faits que j'ai pu constater n'ajouteraient rien aux faits déjà connus. Les globules rouges disséminés en très grand nombre dans les parties ramollies et diffluentes de la tumeur se distinguaient aussi par l'état d'intégrité qu'ils conservaient au sein des parties les plus altérées. Çà et là cependant, je rencontrais des hématies en partie décolorées; mais aucune ne l'était complètement; aucune n'offrait la disposition granuleuse qu'elles prennent quelquefois lorsqu'elles se mêlent aux globules purulents en grande abondance. Je les retrouvais en un mot dans toutes les parties de l'encéphaloïde, sur les points les plus ramollis, comme sur les parties les plus compactes, telles que je les avais vues dans le sang veineux, nullement altérées ou seulement un peu décolorées, et celles-ci toujours assez rares.

Les cellules cancéreuses étaient de volume inégal, et affectaient aussi des formes très différentes. Mais les plus nombreuses rappelaient le volume de celles qui flottaient dans le sang des veines, ainsi que leur configuration sphérique et leur structure. Toutes étaient infiltrées de granulations graisseuses, disséminées à la fois dans leur protoplasma et dans leur noyau.

C'étaient bien les mêmes cellules qui se montraient dans le sang veineux et dans la tumeur encéphaloïde; et comme celles du sang veineux étaient de toute évidence des globules blancs qui avaient subi la dégénérescence cancéreuse, il ne m'était plus possible de mettre en doute la commune origine des unes et des autres. Toutes avaient pour point de départ un leucocyte qui, en arrivant dans le foyer cancéreux, augmentait de volume, s'infiltrait de granulations graisseuses, proliférait sur place comme au sein d'un foyer inflammatoire, puis sortait des vaisseaux par voie de diapédèse, et le plus souvent par voie de simple épanchement, les parois vasculaires s'ulcérant, se détruisant en partie ou en totalité sur les points ramollis.

Un fait important attira aussi mon attention. En comparant les cellules cancéreuses de la tumeur aux cellules cancéreuses du sang, je remarquais qu'elles n'étaient pas tout à fait identiques. Les premières offraient assurément tous les attributs du cancer; mais ces mêmes attributs étaient plus accusés encore, et en quelque sorte plus caractéristiques sur les secondes. Je m'atten-

dais à rencontrer une disposition inverse. Mes premières impressions m'avaient porté à penser que les cellules cancéreuses du sang, étant pour ainsi dire au début de leur dégénérescence, devaient être moins altérées que les cellules des parties ramollies de l'encéphaloïde, qui étaient évidemment plus anciennes. Mais l'observation nous montre que, par cela même qu'elles sont plus profondément altérées, elles sont moins bien caractérisées et moins faciles à reconnaître. Dans le sang veineux, les leucocytes cancéreux sont d'un aspect saisissant; la maladie, bien qu'à son début, se montre là en traits éclatants et dans toute sa pureté; à mesure qu'elles vieillissent, les cellules du cancer perdent cet aspect primitif si remarquable, en sorte que les plus anciennes sont les moins utiles pour le diagnostic. Ajoutons qu'elles se trouvent mêlées à d'autres cellules qui deviennent cancéreuses secondairement, comme les cellules des culs-de-sac glandulaires, comme celles du tissu conjonctif. Pour prendre une notion complète de la cellule cancéreuse, ce n'est donc pas dans les tumeurs encéphaloïdes qu'il faut aller les chercher, mais dans le sang des veines qui sortent de ces tumeurs.

Malheureusement, bien peu de tumeurs se prêtent à une semblable étude. Plusieurs médecins et chirurgiens des hôpitaux ont eu l'obligeance de m'adresser des tumeurs cancéreuses provenant du sein et de quelques autres parties du corps. Mais elles étaient d'un assez petit volume; et il ne m'a pas été possible de me procurer du sang pris dans les veines qui en dépendaient, ces veines n'ayant qu'un très minime calibre et, d'ailleurs, se trouvant presque toujours vides.

Cependant j'ai reçu, de M. Bochefontaine, un sarcome du sein offrant le volume d'une petite tête de fœtus. Sur la périphérie de la tumeur, j'ai trouvé deux veinules du calibre d'une plume de corbeau. J'incise l'une de ces veines transversalement; deux petites gouttes de sang sanieux s'en écoulent. Je les soumets successivement à l'examen microscopique. Tous les globules blancs présentent les altérations caractéristiques du cancer. Mais ces altérations diffèrent sous un rapport important de celles que nous avons constatées dans l'encéphaloïde. Ici, c'est l'envahissement des granulations graisseuses qui représente le caractère dominant de la dégénérescence. Elles sont si multipliées, qu'elles remplissent la cavité des leucocytes et masquent en partie ou même entièrement leur noyau. Dans quelques globules, leur nombre est cependant encore peu considérable et le noyau reste distinct. Mais dans la très grande

majorité, elles se sont substituées aux granulations du protoplasma qui a disparu, et dilatent l'enveloppe des cellules. Ces granulations, en outre, se distinguent par leur volume énorme, rappelant celui des grosses granulations vésiculeuses des globules blancs framboisés. Les premières sont bien manifestement une transformation des secondes.

Quant au noyau, il était resté simple et avait seulement augmenté de volume. Dans cette variété de cancer, il n'y avait donc pas prolifération des globules blancs. Sous ce point de vue, elle diffère très notablement de l'encéphaloïde.

Sur le sang provenant d'une autre veinule, je constatais dans les globules blancs les mêmes altérations. Mais la transformation des grosses granulations vésiculeuses des globules framboisés en grosses granulations graisseuses, était plus évidente encore; et les globules dégénérés étaient aussi remarquables par leur énorme volume, qui s'élevait jusqu'à 30 μ et 40 μ. En examinant le sang de cette seconde veinule, je fixais en outre toute mon attention sur les globules rouges. Les uns n'avaient pas subi de modifications appréciables; d'autres étaient entièrement décolorés, et présentaient très nettement l'aspect granuleux. Leurs granulations, qui passent à l'état latent sous l'influence de l'action chimique de l'oxygénation, avaient reparu sous l'influence de la dégénérescence cancéreuse.

Tels étaient les éléments figurés du sang dans les veines provenant de cette tumeur sarcomateuse de la mammelle. J'examinais ensuite les cellules cancéreuses de la tumeur elle-même. Comme les leucocytes du sang des veines, elles avaient pour attribut essentiel des granulations graisseuses infiltrées dans leur protoplasma et dans leur noyau. Celui-ci était simple aussi et plus volumineux également. Il n'offrait nulle trace de segmentation. Les altérations étaient donc les mêmes pour les globules blancs du sang des veines, et pour les cellules de la tumeur sarcomateuse. Mais, ici encore, elles étaient beaucoup plus accusées dans le sang que dans la tumeur. Au début de l'affection, les granulations graisseuses offrent exactement le volume des granulations du protoplasma qu'elles remplacent. A une époque plus avancée leur volume diminue, en sorte que, plus elles sont anciennes, et plus aussi elles s'éloignent de leur physionomie primitive. Il se passe dans les cellules cancéreuses un phénomène analogue et même semblable à celui qui se pro-

duit dans les globules blancs à mesure qu'ils vieillissent; leurs granulations, d'abord très grosses, diminuent de plus en plus.

A la tumeur sarcomateuse, M. Bochefontaine avait eu l'heureuse pensée de joindre les ganglions du creux de l'aisselle qui participaient à la dégénérescence. Je trouvais dans ces ganglions, un peu plus volumineux qu'à l'état normal, les mêmes altérations que dans la tumeur. Les cellules cancéreuses qu'ils contenaient en grand nombre étaient beaucoup moins caractéristiques aussi que celles du sang, ce qui rentrait dans la loi générale rappelée précédemment; presque aussi atténuées que celles de la tumeur, leurs granulations graisseuses avaient subi le même phénomène de réduction progressive. Toutes les cellules étaient bien manifestement des globulins qui, en s'hypertrophiant, avaient subi la même dégénérescence que les globules parvenus à l'âge adulte (1).

Voici donc deux faits qui, l'un et l'autre, sont entourés de toutes les garanties que nous pouvons demander à l'observation. Sur ces deux faits pouvons-nous fonder la théorie du développement des affections cancéreuses? On me répondra sans doute, non; deux faits seulement pour édifier une théorie de cette importance sont absolument insuffisants. Je réplique qu'en pareille occurence ce n'est pas le nombre de faits qu'il faut invoquer, mais leur valeur intrinsèque. Or, la valeur de ces deux faits ne peut être contestée; d'autres faits non moins concluants ne tarderont pas à s'ajouter à ceux que je viens d'exposer. Je vais donc essayer d'asseoir cette théorie sur sa véritable base en tirant les conséquences qui en découlent.

Théorie des affections cancéreuses. — Ces affections ont pour cause et pour point de départ une altération spécifique et profonde des globules blancs du sang, altération qui prend naissance sur certains points de l'économie et qui, d'abord toute locale, se généralise ensuite, tantôt très lentement, et tantôt avec une rapidité plus ou moins grande.

Cette dégénérescence cancéreuse des leucocytes a pour effet d'en accroître le volume et de substituer aux granulations du protoplasma et du noyau des granulations graisseuses. Souvent aussi elle a pour résultat d'en provoquer la prolifération. Si elle s'accompagne seulement des deux premiers phé-

(1) Pl. XV, fig 6 et 7.

nomènes; la tumeur s'accroît lentement, et les ganglions lympathiques s'associent tardivement à la dégénérescence cancéreuse. Si à ces deux phénomènes constants vient se joindre la prolifération, la tumeur prend dans le même laps de temps de plus grandes dimensions; sa marche est plus rapide; les ganglions s'engorgent plus rapidement aussi.

Comment se développe la tumeur? — Les leucocytes, sous l'influence de la cause encore inconnue qui détermine leur dégénérescence, s'accumulent d'abord dans les capillaires et les traversent par diapédèse. Ces globules, qui viennent d'émigrer, se disséminent autour des vaisseaux, se répandent dans les mailles du tissu conjonctif, formant des traînées, des amas qui s'étendent peu à peu par l'adjonction continue de nouveaux leucocytes dégénérés; bientôt ces traînées se réunissent et forment, dans un laps de temps indéterminé et très variable, un foyer cancéreux, tantôt sans limites bien arrêtées, tantôt assez nettement circonscrit. A ce centre se rendent des vaisseaux qui lui apportent sans cesse de nouveaux globules. Ceux-ci, en pénétrant dans son épaisseur, s'altèrent à leur tour, puis émigrent aussi en partie ; et comme cet afflux est un phénomène permanent, l'altération des globules blancs et leur émigration deviennent permanentes également. Ainsi commencent et s'accroissent les tumeurs cancéreuses qui trouvent dans la masse sanguine des matériaux en nombre infini.

Comment se produisent les tumeurs secondaires; et comment aussi se rendre compte de la cachexie cancéreuse? — Les tumeurs secondaires et la cachexie cancéreuses dérivent de la même cause. Nous avons vu que les veines émanées des tumeurs contiennent des leucocytes cancéreux. Ceux-ci pénètrent donc dans le système veineux général, passent dans les poumons, et se répandent ensuite par les artères dans toutes les parties de l'organisme, comme autant de germes dont rien d'abord ne dénote la présence, et qui sont cependant le précurseur d'une ruine fatale et prochaine; car chacun d'eux est un cancer ramené à sa plus simple expression, un cancer en miniature qui circule en toute liberté au sein de l'économie. Ces germes ou cancers ambulants, continuellement versés dans le torrent de la circulation, deviennent de plus en plus nombreux. Qu'ils se déposent sur tel ou tel point : un nouveau foyer va se produire, puis se développera et s'accroîtra comme le foyer primitif. Que ces dépôts aient lieu sur plusieurs points rapprochés ou éloignés, et bientôt appa-

raîtront des tumeurs secondaires multiples, en apparence indépendantes, mais reliées entre elles par une cause commune.

Ces tumeurs nouvelles verseront de leur côté dans la masse sanguine de nouveaux germes destructeurs; et alors même qu'elles n'existeront pas, les globules blancs dégénérés, et provenant d'une source unique, se multiplieront de plus en plus. Il arrive donc un moment où ces leucocytes dégénérés se mêlent en si grand nombre aux leucocytes encore sains que les téguments et la face surtout prennent une teinte d'un blanc jaunâtre. Ce moment est celui où la cachexie se révèle. Elle annonce un empoisonnement total, une infection générale, une désorganisation imminente. Ce n'est plus alors une ou plusieurs tumeurs cancéreuses qui existent; ce sont des cancers qui circulent par centaines de mille et de millions peut-être, et qui infestent le liquide nourricier. A dater de ce moment, l'œuvre de la décomposition commence, ou plutôt elle s'accélère avec une rapidité croissante. Les tumeurs secondaires et la cachexie se développent donc sous l'empire d'une cause commune. La cachexie est le résultat d'une altération générale du sang, et les tumeurs secondaires ne sont que des manifestations de cette altération. Quelquefois elles semblent la précéder et l'annoncer; car la cachexie peut exister et existe, même longtemps avant d'être apparente; les tumeurs secondaires en sont toujours la conséquence.

J'appelle l'attention des médecins et des chirurgiens sur ces considérations. Les occasions ne leur manqueront pas de contrôler la théorie que je viens d'exposer. Je crois fermement que l'observation clinique viendra la confirmer. Je répète que la condition première pour arriver à des résultats concluants, c'est la présence de veines sortant de la tumeur. J'ajoute qu'il faut prendre le sang au point d'émergence de celle-ci; car, si on le prend à une distance plus ou moins grande, les leucocytes dégénérés se disséminent rapidement, et on peut ne plus en rencontrer. Jusqu'ici, c'est dans la tumeur et dans les ganglions correspondants qu'on a cherché l'élément caractéristique du cancer. Désormais c'est dans le sang émané de celle-ci qu'il faudra prendre les cellules cancéreuses pour les examiner dans la première période de leur existence morbide; car c'est dans cette première période seulement qu'elles se montrent revêtues de tous les attributs inhérents à leur dégénérescence.

Dans les considérations que je viens de présenter sur l'origine et l'évolution des affections cancéreuses, je n'ai pas dit aussi complètement que je

l'aurais désiré, le fond de ma pensée. En attendant d'autres faits, qui me font actuellement défaut et qui se produiront dans un avenir prochain, une certaine réserve m'est imposée. Mais je me propose, aussitôt que l'observation me le permettra, d'entrer sur ce sujet dans de plus longs développements. Si les médecins et les chirurgiens, avec toutes les ressources dont ils disposent, veulent, bien de leur côté, poursuivre des études analogues, ils ne tarderont pas à reconnaître que la pathologie humorale offre encore une ample moisson aux explorateurs.

ARTICLE II

ALTÉRATIONS RELATIVES AUX GLOBULES ROUGES

Parmi ces altérations, les plus fréquentes sont celles qui se rattachent à la chlorose. Je dirai quelques mots seulement de ces dernières.

Dans la chlorose, le nombre des hématies reste à peu près ce qu'il est à l'état normal. Mais leur volume est au contraire assez variable. La plupart présentent un diamètre de $7\mu,50$. Pour d'autres, moins nombreux, il peut s'élever, d'après les recherches de M. Malassez (1), à $8\mu,29$. Mais on rencontre aussi, dans le sang des chlorotiques, des globules rouges dont les dimensions sont inférieures aux dimensions normales.

Les faits les plus importants que l'observation ait permis de constater, sont relatifs à leur composition chimique. La science en est surtout redevable aux recherches de M. Quinquaud (2). Appliquant à ces recherches les procédés d'analyse par liqueurs titrées de M. Schutzenberger, cet auteur a pratiqué des dosages de l'hémoglobine par l'hydrosulfite de soude titré. Or, il résulte de ses analyses que dans le sang des chlorotiques, il y a :

1° Diminution considérable de l'hémoglobine;

2° Abaissement du maximum de saturation du sang par l'oxygène.

L'hémoglobine est généralement diminuée de moitié environ dans les chloroses d'intensité moyenne. Son chiffre normal, pour 1000 grammes de sang étant de 125 grammes, on la voit généralement osciller, chez les chlorotiques entre 70 et 30 grammes. La moyenne est donc alors de 50 à 55.

(1) *Dict. des sc. méd.*, article *Sang*, p. 554.
(2) Quinquaud, *Acad. des sc.*, 16 juin 1873.

Le maximum d'absorption du sang pour l'oxygène à l'état physiologique est de 240 centimètres cubes pour 1000 grammes. La moyenne de cette absorption chez les chlorotiques est de 80 centimètres cubes seulement (1).

Ainsi, en nous plaçant au point de vue des altérations du sang, nous constatons que l'observation nous a surtout révélé trois principaux faits. Parmi les globules rouges, les uns sont plus volumineux qu'à l'état normal, et d'autres plus petits. Mais tous contiennent moins d'hémoglobine que dans l'état habituel, et pour tous aussi l'aptitude qu'ils possèdent d'absorber l'oxygène a notablement diminué. Ces deux derniers faits sont corrélatifs: car si les hématies contiennent moins de matière colorante, c'est évidemment parce que leur pouvoir d'absorption pour l'oxygène a diminué.

Pouvons-nous édifier sur ces données une théorie de la chlorose? En invoquant les faits que nous possédons présentement sur le mode d'évolution des éléments figurés du sang, cette théorie me paraît aussi facile à définir que celles de la suppuration, de la leucocythémie et du cancer. Remarquons d'abord que ces trois théories s'appliquent à des altérations qui toutes portent sur les premières périodes de l'évolution des éléments figurés, et que les altérations essentielles de la chlorose portent, au contraire, sur les dernières phases de leur développement, c'est-à-dire sur leur transformation en globules rouges. Ces globules rouges sont moins riches en hémoglobine qu'ils ne devraient l'être; pourquoi ? parce qu'ils se sont arrêtés dans cette période ultime de leur évolution avant qu'elle fût aussi complète qu'elle devait l'être. Beaucoup d'entre eux sont plus volumineux que dans l'état habituel; pourquoi? parce que c'est dans cette dernière période que les globules blancs subissent une réduction de leur volume; cette dernière période ne s'étant accomplie qu'à moitié, leur réduction du volume ne s'est opérée aussi qu'en partie. Tous ces phénomènes se trouvent donc en étroite corrélation avec leur mode d'évolution; ils dérivent de la même cause.

Il est vrai que, si on rencontre dans le sang des globules rouges plus gros, on en rencontre aussi de plus petits; et M. Hayem s'empresse de voir, dans ces globules de moindres dimensions, autant d'hématoblastes qui viennent donner à sa doctrine une complète confirmation. Telle est son interprétation. Nous allons exposer la nôtre. Mais rappelons d'abord que, d'après les recherches

(1) Moriez, Th. d'agrégation, 1880, p. 23.

fort importantes et très étendues de M. Malassez, les gros globules sont notablement plus nombreux que les petits, en sorte que, dans la chlorose, les hématies d'un volume supérieur aux dimensions ordinaires seraient le fait général; les petits globules ou microcytes de MM. Masius et Vaneair, sont autant d'exceptions à la loi qui précède. Mais enfin, ils existent. Qu'elle est leur signification? Ce ne sont pas de jeunes hématies ou des hématies naissantes, mais des hématies en voie de dépérissement ou des hématies séniles. Nous avons vu, en effet, que les hématies sont presque exclusivement constituées par le noyau des leucocytes, au moment de leur dernière métamorphose; et nous avons vu aussi que la sénilité a pour effet constant d'en produire l'atrophie. Précédemment, en outre, j'ai fait remarquer que les éléments figurés du sang débutent par leur noyau, et que leur mort prochaine s'annonce également par l'amoindrissement et un changement de nature de celui-ci.

En résumé, la chlorose a pour attribut caractéristique une transformation incomplète des globules blancs en globules rouges : d'où le volume en général plus considérable des hématies, d'où la moindre quantité d'hémoglobine qu'elles présentent, d'où aussi le nombre relativement plus grand des petits globules ou globules séniles; car les globules rouges n'étant qu'incomplètement formés, ces globules, en d'autres termes, ne possédant qu'une partie de la matière colorante qui leur est nécessaire pour la nutrition et l'accomplissement régulier de toutes les autres fonctions, ils sont pour ainsi dire condamnés à s'user plus vite et à vieillir plus tôt.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

CARACTÈRES PARTICULIERS DES ÉLÉMENTS FIGURÉS

HISTORIQUE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS

PATHOLOGIE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

EXPLICATION

DES

PLANCHES

PLANCHE I

SANG DES INSECTES, DES VERS ET DES CRUSTACÉS

INSECTES **Fig. 1. — Sang d'un coléoptère.** — A. Globules blancs, de formes très diverses, mais comprenant tous dans leur constitution trois éléments : une enveloppe, un noyau ou globulogène, et un contenu ou protoplasma. — B. Groupe de globules vus à un grossissement plus fort que les précédents. — 1, 1. Noyau. — 2, 2. Enveloppe. — 3, 3. Protoplasma.

Fig. 2. — Sang d'un autre coléoptère (hanneton). — 1, 1. Deux globules blancs remplis de grosses granulations vésiculeuses qui leur donnent un aspect framboisé. — 2. Globule dont le protoplasma s'est rétracté. — 3, 3. Globules dont le protoplasma laisse entrevoir le noyau. — 4, 4. Globules arrondis dont les trois éléments sont très apparents. — 5, 5. Globule fusiforme. — 6. Globulins. — 7, 7. Globulins plus petits que les précédents.

Fig. 3. — Sang d'un autre coléoptère (hydrophile); les globules blancs sont composés aussi de trois éléments. — 1. Globulogène. — 2. Enveloppe. — 3. Protoplasma.

ARACHNIDES **Fig. 4. — Sang de l'araignée.** — Tous les globules blancs sont arrondis ; ils diffèrent peu de volume, et présentent aussi les trois éléments déjà observés chez les insectes.

VERS **Fig. 5. — Sang du ver de terre.** — 1, 1, 1. Globules blancs de grandes dimensions. — 2, 2. Globules blancs de dimensions moyennes. — 3, 3, 3. Globules plus petits.

Fig. 6. — Sang du ver d'eau. — 1, 1. Globules blancs; leurs trois parties constituantes sont mises en évidence. — 2. Globule blanc contenant deux globulins.

CRUSTACÉS **Fig. 7. — Sang de l'écrevisse** ; globules blancs vus sans réactifs. — 1, 1. Globules fusiformes. — 2, 2, 2. Globules arciformes. — 3, 3, 3. Globules conoïdes. — 4, 4, 4. Globules sphériques. — Dans la plupart de ces globules le noyau est voilé par le protoplasma.

Fig. 8. — Sang de l'écrevisse; prolongements sarcoïdes des globules blancs. — 1, 1. Deux globules dont les prolongements sont peu accusés. — 2, 2, 2. Globules sur lesquels ils partent du même côté. — 3, 3, 3. Globules sur lesquels ils naissent de toute leur périphérie.

Fig. 9. — Globules blancs de l'écrevisse, traités par l'acide acétique au 150e; leur protoplasma s'est rétracté. — 1, 1. Protoplasma. — 2, 2. Enveloppe.

Fig. 10. — Globules blancs de l'écrevisse, traités par l'acide acétique au 100e. — 1, 1, 1. Leur noyau. — 2, 2, 2. Enveloppe. — 3, 3, 3. Protoplasma.

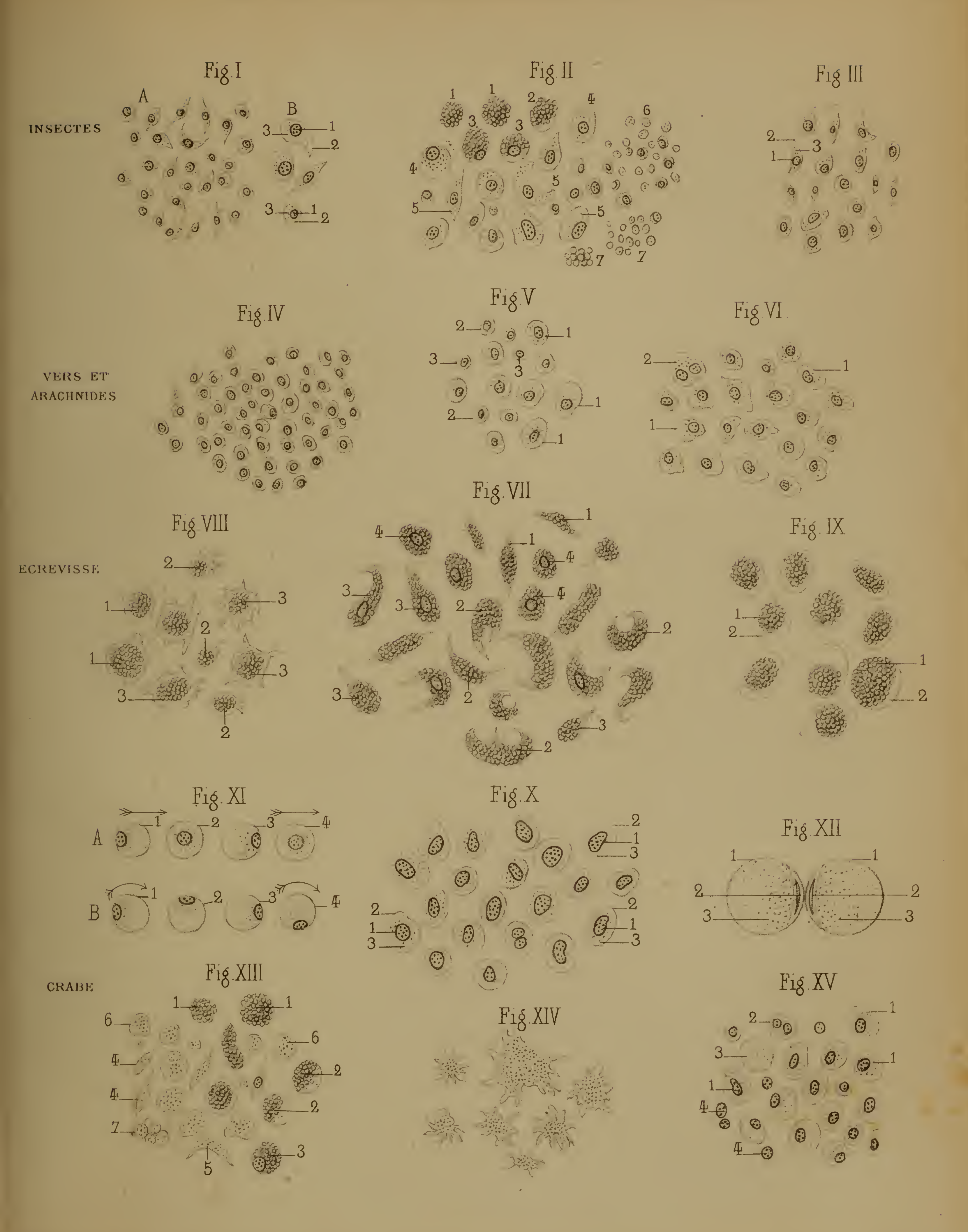
Fig. 11. — Globules blancs de l'écrevisse. Ces globules tournent autour de leur axe. — A. Globule tournant de gauche à droite autour d'un axe parallèle au plan du dessin. — 1. Son noyau est à gauche. — 2. Il répond au centre de l'hémisphère supérieure de l'enveloppe. — 3. Il passe à droite. — 4. Il devient inférieur. — B. Globule qui tourne de gauche à droite autour d'un axe perpendiculaire au plan du dessin. — 1. Son noyau est à gauche. — 2. Il répond à sa partie supérieure. — 3. Il descend et passe à droite. — 4. Il continue à descendre et répond alors à sa partie inférieure.

Fig. 12. — Un globule blanc de l'écrevisse. Ce globule grossi est divisé en deux moitiés par un plan qui traverse son noyau. — 1, 1. Enveloppe du globule. – 2, 2. Moitiés gauche et droite du noyau situé dans un dédoublement de l'enveloppe. — 3, 3. Protoplasma.

Fig. 13. — Globules blancs du crabe vus sans réactifs. — 1, 1. Globules d'aspect framboisé. — 2, 2. Globules dont le protoplasma ne remplit qu'une partie de sa cavité, en sorte qu'on voit en partie son enveloppe. — 3, 3. Globule dont le protoplasma laisse entrevoir le noyau. — 4, 4. Globule fusiforme. — 5. Globule arciforme. — 6, 6. Globule sphérique.

Fig. 14. — Prolongements sarcoïdes des globules blancs du crabe. — Ils se montrent dans le champ du microscope presque aussitôt, ou après quelques minutes d'attente.

Fig. 15. — Globules blancs du crabe. — 1, 1, 1. Globules offrant les trois éléments qui es composent. — 2. Globule remarquable par la présence de deux globulins. — 3. Globule dont les globulins sont sortis. — 4, 4. Globulins. — Acétique au 50e.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & Cie, Paris.

PLANCHE II

SANG DES MOLLUSQUES

ESCARGOT

Fig. 1. — Prolongements sarcodiques des globules blancs du sang de l'escargot. — Tous ces prolongements sont constitués à la fois, et par l'enveloppe des globules, et par leur protoplasma. On les voit sans le secours d'aucun réactif.

Fig. 2. — Les globules précédents traités par l'acide acétique au 300e; ils établissent la transition entre les globules de la figure 1 et ceux de la figure 3. — 1, 1. Noyau de ces globules. — 2, 2. Leur enveloppe et leur protoplasma se prolongeant irrégulièrement des divers points de leur périphérie.

Fig. 3. — Globules blancs du sang de l'escargot. Leurs trois éléments. — 1. Globule dont le protoplasma vésiculeux s'est rétracté. — 2, 2, 2. Globules avec leurs trois parties élémentaires; le protoplasma remplit toute la cavité de l'enveloppe. — 3, 3, 3. Globules dont le protoplasma granuleux s'est concentré autour du noyau. — 4. Globule dont le noyau offre un rudiment de segmentation. — 5. Autre globule dont le noyau s'est allongé et incurvé. — 6, 6. Globules contenant deux globulins. — 7. Globules offrant trois globulins. Acide acétique au 150e.

LIMACE

Fig. 4. — Prolongements sarcodiques des globules blancs de la limace. — Ces globules, comme ceux de l'escargot, diffèrent beaucoup de volume et de configuration.

Fig. 5. — Globules blancs de la limace traités par l'acide acétique. — 1. Globule d'aspect framboisé. — 2. Globule dont le protoplasma se trouve séparé sur un point des parois de l'enveloppe. — 3, 3. Globules dont le noyau, le protoplasma et l'enveloppe sont en pleine évidence. — 4, 4, 4. Globules dont le protoplasma s'est rétracté vers le noyau.

Fig. 6. — Globules blancs de la limace en voie de prolifération. — 1, 1. Globules contenant deux globulins. — 2, 2, 2. Globules offrant trois globulins. — 3, 3. Globules dont le noyau s'est divisé en quatre globulins. — 4. Globule dans lequel on remarque cinq globulins.

Fig. 7. — Segment d'un vaisseau de la limace. Ce segment est remarquable comme toutes les autres parties de son appareil vasculaire, par la présence d'innombrables granulations sphériques situées, non dans sa cavité, ainsi qu'on l'a pensé jusqu'à présent, mais dans l'épaisseur de ses parois. — 1, 1, 1, 1. Ces granulations disposées par larges bandes qui s'anastomosent entre elles. — 2, 2, 2, 2, 2. Intervalles dans lesquels les granulations font défaut.

HUITRE

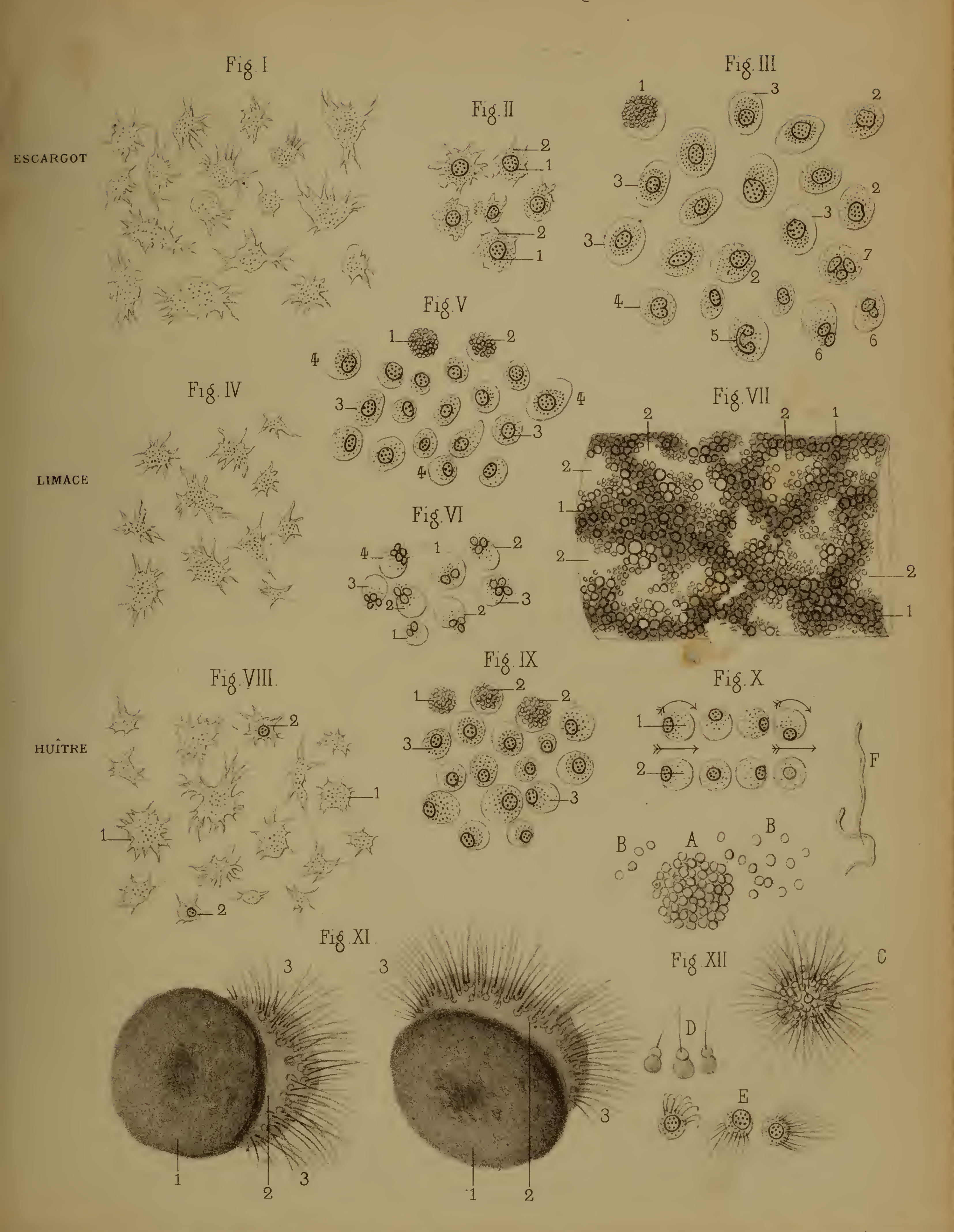
Fig. 8. — Expansions sarcodiques des globules blancs de l'huître. — 1, 1. Dimensions et configuration de ces globules. — 2, 2. Deux globules semblables aux précédents, mais dont le noyau était visible sans l'emploi d'aucun réactif.

Fig. 9. — Globules blancs de l'huître. — 1. Globule d'aspect mûriforme. — 2, 2. Globules semblables dont l'enveloppe est en partie apparente. — 3, 3. Globules dans chacun desquels on distingue très nettement l'enveloppe, le noyau et le protoplasma. Acétique au 600e.

Fig. 10. — Globules blancs de l'huître dont j'ai pu voir le noyau tourner autour de leur partie centrale pendant leurs divers mouvements de rotation. — 1. Globule tournant de gauche à droite autour d'un axe perpendiculaire au plan du dessin. — 2. Autre globule qui tourne autour d'un axe parallèle au même plan.

Fig. 11. — Parasites de l'huître. — 1. Corps de l'animal. — 2. Prolongement en forme de visière qui répond à sa circonférence. — 3, 3. Cils vibratiles implantés sur cette visière.

Fig. 12. — Autres parasites de configuration très différente. — A. Globules vésiculeux et sphériques se groupant sur certains points. — B, B. Les mêmes globules disséminés et indépendants. — C. Ces mêmes globules qui possèdent chacun un long cil vibratile et se réunissent en masse par leur grosse extrémité, en sorte que le groupe est surmonté d'innombrables cils vibratiles rayonnant dans tous les sens. — D. Trois de ces parasites libres et flottants. — E. Cellules vibratiles de l'huître; on voit qu'elles diffèrent beaucoup des précédentes. — F. Deux parasites serpentiformes semblables à ceux qu'on observe souvent dans le sang des grenouilles.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & Cie Paris

PLANCHE III

SANG DES POISSONS

RAIE

Fig. 1. — **Globules rouges du sang de la raie.** — 1, 1. Globules rouges vus par leur face. — 2, 2. Ces mêmes globules vus par leur bord.

Fig. 2. — **Noyau et protoplasma des globules rouges de la raie.** — 1, 1. Noyau de ces globules. — 2, 2. Leur protoplasma, granuleux comme le noyau. — 3, 3. Leur enveloppe.

Fig. 3. — **Granulations des globules rouges de la raie,** obtenues par un réactif différent de celui qui a été mis en usage pour les montrer dans la figure précédente.

Fig. 4. — **Noyau, granulations et enveloppe des globules rouges du sang de la raie.** — 1, 1. Noyau. — 2, 2. Granulations du protoplasma. — 3, 3. Enveloppe.

Fig. 5. — **Globules blancs du sang de la raie.** — 1, 1. Globules d'aspect framboisé. — 2. Globule dont le protoplasma laisse entrevoir le noyau. — 3. Globule dont l'enveloppe est en partie distincte. — 4, 4. Globules dont les granulations sont beaucoup moins nombreuses et moins volumineuses, en sorte que leurs trois éléments se montrent très clairement.

Pour la préparation et la formule de chacun des réactifs qui donnent les résultats précédents, voyez la description du sang de la raie.

QUALE

Fig. 6. — **Globules rouges du sang du squale,** traités par l'acide osmique. — 1, 1. Enveloppe de ces globules. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma.

Fig. 7. — **Granulations des globules rouges du sang du squale.** Elles sont assez nombreuses et volumineuses pour voiler complètement le noyau.

Fig. 8. — **Globules blancs du sang du squale.** — 1. Gros globule mûriforme. — 2. Globule plus petit dont le protoplasma vésiculeux fait défaut sur un point. — 3, 3. Globules dont le protoplasma granuleux peu développé permet de distinguer leurs trois parties constituantes.

ANCHE

Fig. 9. — **Globules rouges du sang de la tanche.** Leur figure, leurs dimensions. Ces globules vus de face. Leur noyau n'est pas mis en évidence.

Fig. 10. — **Granulations des globules rouges de la tanche.** Le réactif qui les montre communique aux globules une forme arrondie; les granulations voilent le noyau.

Fig. 11. — **Noyau de ces mêmes globules.** Le réactif employé pour le rendre apparent diffère de celui qui a été mis en usage pour montrer les granulations du protoplasma, mais il donne aussi aux globules sanguins une forme sphérique.

Fig. 12. — **Les trois parties élémentaires des globules rouges du sang de la tanche.** — 1, 1. Leur noyau. — 2, 2. Leur protoplasma granuleux. — 3, 3. Leur enveloppe.

Fig. 13. — **Globules blancs du sang de la tanche.** — 1, 1. Globules d'aspect mûriforme. — 2. Globule dont le protoplasma ne remplit pas toute la cavité de l'enveloppe. — 3. Globule dont le noyau se voit à travers le protoplasma. — 4. Globules dont les trois éléments sont manifestes. — 5, 5. Globules dont le protoplasma s'est rétracté vers le noyau.

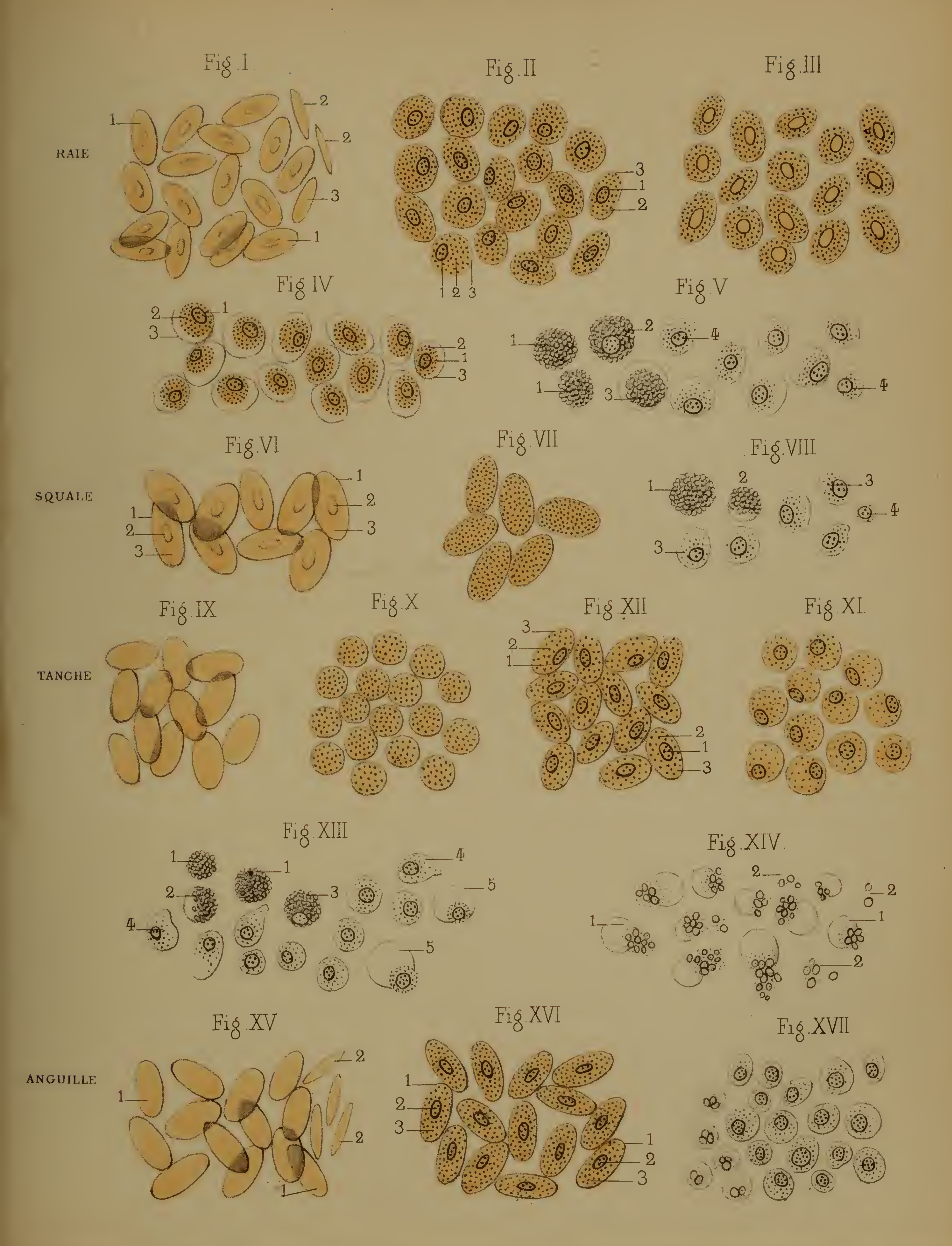
Fig. 14. — **Globules blancs de la tanche en voie de prolifération.** — 1, 1. Globules dont le noyau s'est partagé en plusieurs segments qui représentent chacun un globulin. — 2, 2, 2. Globulins épars, qui flottent isolés ou par petits groupes dans le plasma du sang.

NGUILLE

Fig 15. — **Globules rouges du sang de l'anguille.** Le noyau de ces globules ne se voit pas sans réactif. — 1, 1. Globules vus de face. — 2, 2. Globules vus par leur bord.

Fig. 16. — **Les trois éléments des globules rouges du sang de la tanche.** — 1, 1. Enveloppe de ces globules. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma granuleux.

Fig. 17. — **Globules blancs du sang de l'anguille.** Ils sont composés, comme les globules rouges, de trois éléments semblablement disposés. Chacun d'eux comprend : une enveloppe, un noyau situé dans un dédoublement de celle-ci, et un protoplasma granuleux.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & Cie. Paris.

PLANCHE IV

SANG DES POISSONS

LAMPROIE

Fig. 1. — Globules rouges du sang de la lamproie. Ces globules sont remarquables dans la lamproie par leur forme très régulièrement sphérique.

Fig. 2. — Noyau de ces globules. Il offre aussi une configuration parfaitement sphérique, et adhère à l'enveloppe par un point de sa périphérie.

Fig. 3. — Noyau, protoplasma et enveloppe des mêmes globules. — 1, 1. Leur noyau arrondi et granuleux. — 2, 2. Leur protoplasma granuleux aussi. — 3, 3. Leur enveloppe.

Fig. 4. — Rotation de ces globules autour de leurs axes. Le globule de la série A tourne de gauche à droite autour d'un axe perpendiculaire au plan du dessin. En 1, son noyau est à gauche; en 2, il devient supérieur; en 3, il passe à droite; en 4, il est inférieur. — Le globule de la série B tourne autour d'un axe parallèle au même plan. En 1, son noyau se trouve à gauche; en 2, il répond au centre de l'hémisphère supérieur de l'enveloppe; en 3, il est à droite; en 4, il répond au centre de l'hémisphère inférieur de cette enveloppe.

Fig. 5. — Globules blancs du sang de la lamproie. — 1. Gros globules dont le protoplasma vésiculeux remplit toute la cavité. — 2. Globule semblable au précédent, mais dont la cavité n'est pas complètement remplie. — 3, 3. Globules dans lesquels le protoplasma granuleux très clair laisse voir le noyau. — 4, 4. Deux globules dont le noyau est segmenté.

Fig. 6. — Transformation d'un globule blanc en globule rouge. — En 1, le globule blanc est rempli par un protoplasma vésiculeux de couleur foncée qui voile le noyau; — en 2, il présente un protoplasma granuleux très clair qui laisse voir ce noyau; — en 3, les granulations ont disparu, mais les réactifs le remettent en évidence; — en 4, le globule commence à se colorer; — en 5, il offre tous les attributs d'un globule rouge adulte, dont les granulations sont reproduites aussi par l'action du réactif; — vieux globules rouges.

CARPE

Fig. 7. — Globules rouges du sang de la carpe. — Ces globules aplatis et à contour elliptique sont vus de face; ils ont été traités par le sérum iodé.

Fig. 8. — Noyau, protoplasma et enveloppe de ces globules. — Leur noyau est ovoïde Leur protoplasma, de même que le noyau, est granuleux.

Fig. 9. — Globules blancs du sang de la carpe. — 1. Globule rempli de grosses granulations vésiculeuses. — 2. Globule dont les granulations ne remplissent pas toute la cavité. — 3. Globule dont les granulations laissent entrevoir le noyau. — 4, 4. Globules dont les trois éléments se distinguent très nettement. — 5, 5. Globules en voie de prolifération.

Fig. 10. — Transformation des globules blancs en globules rouges. — 1. Globules blancs à protoplasma vésiculeux. — 2. Globules blancs à protoplasma granuleux très clair. — 3. Globules blancs à protoplasma homogène, dont les granulations ont reparu sous l'influence des réactifs. — 4. Globules blancs qui ont pris la forme ovoïde, mais dont le noyau est encore arrondi et granuleux. — 5. Globules rouges adultes. — 6. Vieux globules rouges.

PERCHE

Fig. 11. — Globules rouges du sang de la perche. — Ils ne diffèrent de ceux de la carpe que par leur volume en général un peu plus petit.

Fig. 12. — Noyau de ces globules. Sous l'influence des réactifs, ces globules diminuent de volume et prennent en général un contour circulaire.

Fig. 13. — Noyau, protoplasma et enveloppe des mêmes globules. Leur noyau est ovoïde et granuleux; leur protoplasma est composé aussi de granulations très manifestes.

Fig. 14. — Diapedèse des noyaux de ces globules. — 1, 1. Globules dont le noyau ne s'est pas déplacé. — 2, 2. Globules dont le noyau traverse l'enveloppe. — 3, 3. Globules dont le noyau est sorti, mais encore en contact avec cette enveloppe. — 4, 4. Globules vides.

Fig. 15. — Globules blancs de la perche. — 1. Globule rempli de grosses granulations vésiculeuses. — 2. Un autre globule semblable au précédent, mais dont on entrevoit le noyau. — 3. Globule dont l'enveloppe est en partie distincte. — 4, 4. Globules offrant leurs trois parties constituantes. — 5, 5. Globules en voie de prolifération.

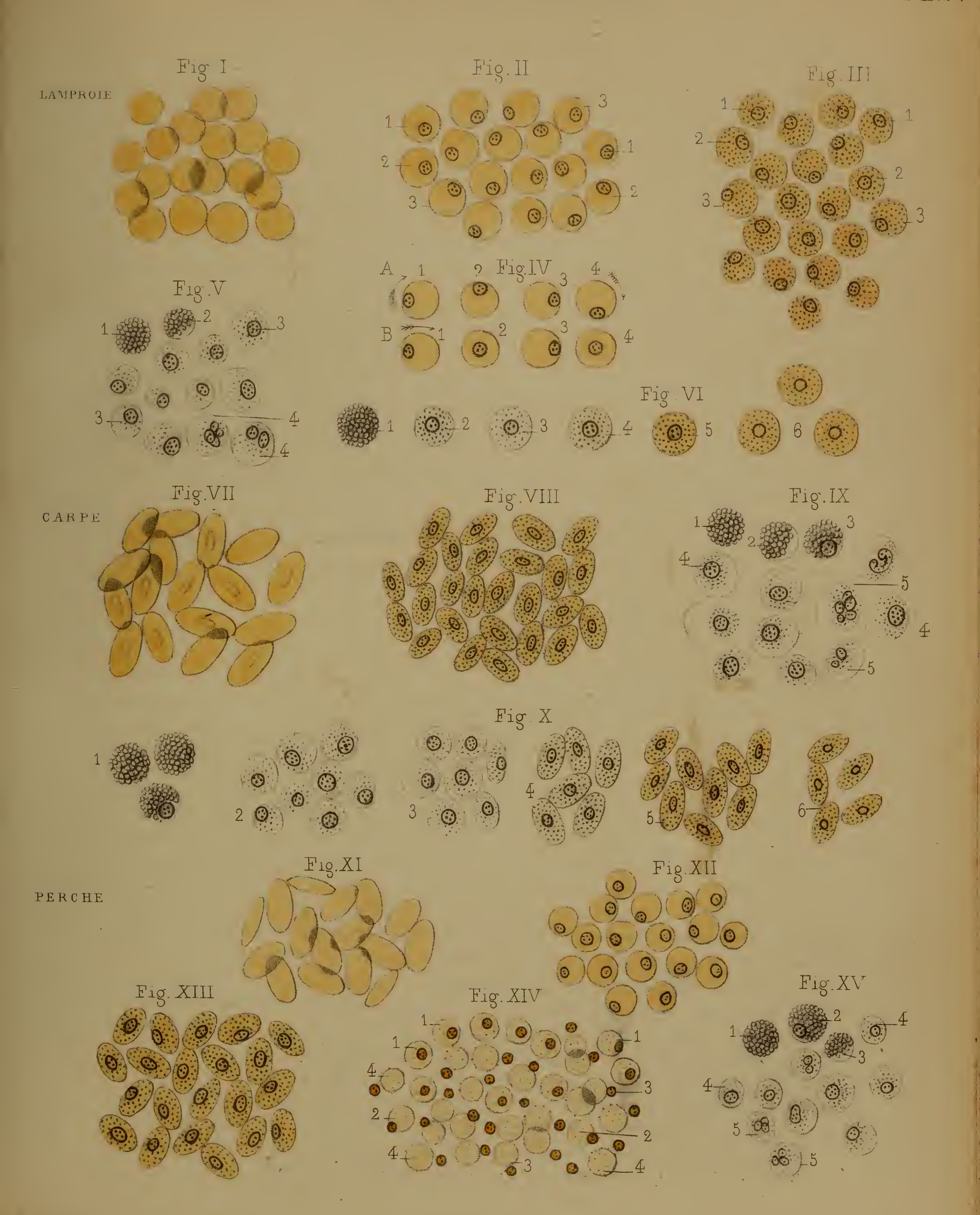

Fig. I
LAMPROIE
Fig. II
Fig. III
Fig. IV
A
B
Fig. V
Fig. VI
Fig. VII
CARPE
Fig. VIII
Fig. IX
Fig. X
Fig. XI
PERCHE
Fig. XII
Fig. XIII
Fig. XIV
Fig. XV

PLANCHE V

SANG DES BATRACIENS

TRITON

Fig. 1. — Globules rouges du sang du triton. — 1, 1. Globules rouges vus de face. — 2, 2. Ces mêmes globules vus par leur bord ou circonférence.

Fig. 2. — Noyau de ces globules. Il est allongé, aplati et de figure elliptique. On voit qu'il se compose de granulations. — 1, 1. Enveloppe des globules. — 2, 2. Leur noyau.

Fig. 3. — Noyau, protoplasma, enveloppe des mêmes globules. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau granuleux. — 3, 3. Granulations de leur protoplasma.

Fig. 4. — Globules blancs du sang du triton. — 1. Gros globule rempli de granulations vésiculeuses qui cachent le noyau. — 2. Globule semblable dont l'enveloppe se montre sur une partie de son contour. — 3. Globule dont les trois parties élémentaires se voient, mais un peu vaguement. — 4, 4. Globules dont l'enveloppe, le noyau et le protoplasma sont très apparents. — 5. Globule irrégulier. — 6. Globule elliptique ne différant des globules sanguins que par sa couleur blanche. — 7. Globule de même forme que le précédent. — 8, 8. Globulins.

Fig. 5. — Globules blancs du triton en voie de prolifération. — 1, 1. Globules dont le noyau se divise en deux segments ou globulins. — 2. Globule dont le noyau allongé et renflé à ses extrémités ne tardera pas à se partager en trois ou quatre segments. — 3, 3, 3. Globules dont le noyau est divisé en deux globulins. — 4, 4. Globules offrant trois globulins. — 5. Globule contenant quatre globulins. — 6, 6, 6, 6. Globules dans lesquels on remarque cinq globulins. — 7. Globule qui en renferme six. — 8. Un globulin dont l'enveloppe est déjà apparente.

Fig. 6. — Globulins sortant de leur globule. — 1, 1, 1. Globulins sortants. — 2, 2. Globulins sortis, mais encore adhérents à l'enveloppe qu'ils viennent de traverser. — 3, 3, 3. Globulins flottants par groupes ou isolément dans le plasma du sang. — 4, 4. Globules vides et représentés seulement par leur enveloppe.

Fig. 7. — Un globule rouge en voie de rotation. Ce globule tourne de gauche à droite autour d'un axe parallèle au plan du dessin. — En 1, le noyau est à gauche ; en 2, il répond au centre de l'hémisphère supérieur de l'enveloppe et semble alors occuper le centre du globule ; en 3, il passe à droite ; en 4, il répond au centre de l'hémisphère inférieur de l'enveloppe.

Fig. 8. — Transformation des globules blancs en globules rouges. — 1. Globule blanc dont le protoplasma remplit toute la cavité. — 2. Globule blanc dont les trois éléments se voient, mais incomplètement. — 3. Globule blanc dont le protoplasma est très pâle et presque homogène. — 4. Globule blanc qui a pris la forme des globules rouges, mais dont le noyau est encore arrondi et granuleux. — 5. Globule qui ne diffère du précédent que par la forme allongée de son noyau et sa coloration naissante. — 6. Globule rouge adulte. — 7. Vieux globule.

TÊTARD DU TRITON

Fig. 9. — Globules rouges du têtard traités par l'eau chloroformée. Sous l'influence de ce réactif, le protoplasma et le noyau sortent des globules par voie de diapédèse. — 1, 1. Protoplasma granuleux se rétractant de la périphérie vers le centre. — 2, 2. Ce même protoplasma passant à travers l'enveloppe des globules. — 3, 3. Protoplasma dont la sortie est précédée de celle du noyau. — 4, 4. Protoplasma sorti des globules. — 5, 5. Globules vides.

Fig. 10. — Les mêmes globules traités par le curare au 400e. — 1, 1. Noyau de ces globules. — 2, 2. Ces noyaux traversant l'enveloppe qui les recouvre. — 3, 3. Ces mêmes noyaux sortis, mais encore adhérents à leur globule. — 4, 4. Noyaux libres. — 5, 5. Globules vides.

Fig. 11. — Les mêmes globules traités par l'acide cyanhydrique. — 1, 1, 1. Leur protoplasma qui se rétracte. — 2, 2. Ce protoplasma plus rétracté encore et formant une sorte de noyau qui traverse les parois de l'enveloppe. — 3, 3. Ces noyaux épars sur le champ du microscope. — 4, 4, 4. Globules rouges qui ne sont plus représentés que par leur enveloppe.

Fig. 12. — Granulations d'hémoglobine. Sous l'influence de l'acide cyanhydrique, l'hémoglobine du protoplasma s'échappe par toute la périphérie des globules et se répand dans leur intervalle. — 1, 1. Globules décolorés. — 2, 2. Granulations d'hémoglobine.

SANG DES BATRACIENS

PL. V

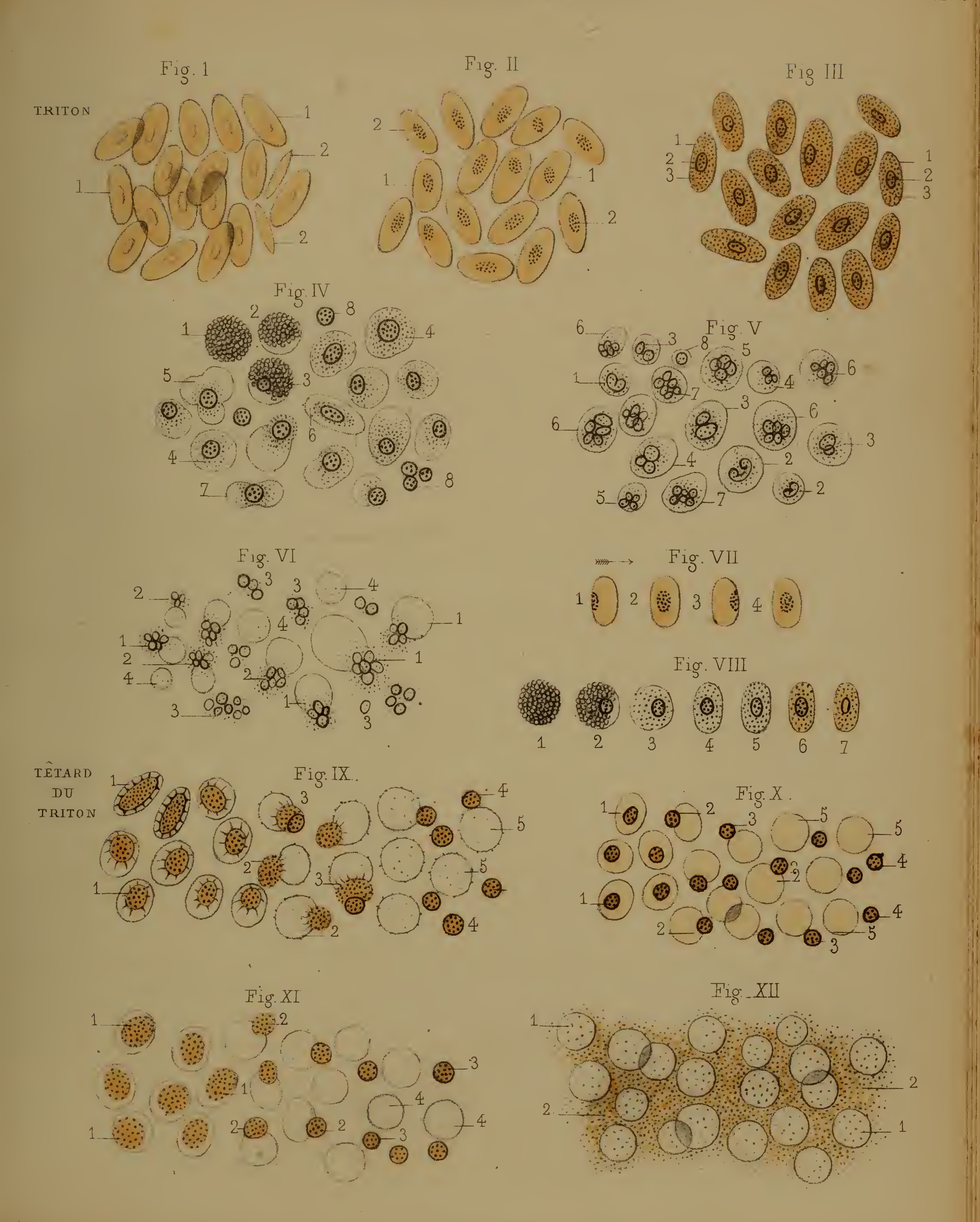


PLANCHE VI

SANG DES BATRACIENS

ENOUILLE

Fig. 1. — Globules rouges du sang de la grenouille. Ces globules sont vus ici sans réactifs. — 1, 1. Globules vus de face. — 2, 2. Globules vus par leur circonférence.

Fig. 2. — Noyau des globules rouges. — 1, 1. Enveloppe de ces globules. — 2, 2. Leur noyau dont les granulations sont mises en évidence.

Fig. 3. — Protoplasma de ces globules. Il est granuleux comme celui des globules rouges du triton. — 1, 1. Enveloppe des globules. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma.

Fig. 4. — Le même protoplasma traité par un autre réactif. — Ce réactif, bien que très différent de celui qui a été employé pour montrer les granulations du protoplasma dans la figure précédente, produit le même résultat.

Fig. 5. — Enveloppe des globules rouges. — 1, 1. Enveloppe de ces globules. — 2, 2. Leur noyau granuleux. — 3, 3. Leur protoplasma qui s'est rétracté et qui est granuleux aussi.

Fig. 6. — Expansions sarcodiques des globules blancs. Ces globules sont vus sans réactifs; les prolongements qui partent de leur périphérie se manifestent presque aussitôt.

Fig. 7. — Globules blancs de la grenouille. — 1, 1. Globules dont le protoplasma vésiculeux voile le noyau. — 2. Globule semblable dont le noyau se montre vaguement. — 3, 3. Globules dont le noyau, le protoplasma et l'enveloppe sont très manifestes.

Fig. 8. — Globules blancs en voie de prolifération. — 1. Globule dont le noyau s'est allongé, incurvé et renflé à ses extrémités. — 2, 2. Globules dont le noyau s'est divisé en deux globulins. — 3, 3. Globules offrant trois globulins. — 4. Globule qui en contient quatre. — 5. Globule qui en présente sept.

Fig. 9. — Globules blancs dont les globulins sont sortis. — 1. Globulins presque tous sortis de leur globule. — 2. Globulins qui se disposent en série linéaire à leur sortie. — 3, 3. Globulins qui flottent dans le champ de la préparation et qui ont déjà augmenté de volume, mais dont l'enveloppe cependant n'est pas encore apparente.

TÊTARD DE LA ENOUILLE

Fig. 10. — Vaisseau capillaire d'un têtard de grenouille. Ce capillaire contient des globules rouges et des globules blancs. — 1, 1, 1, 1. Globules rouges, fusiformes pour la plupart. — 2, 2, 2. Globules blancs ordinaires. — 3, 3, 3, 3. Globules blancs dont le noyau est segmenté. — 4, 4. Noyaux très allongés qui font partie des parois du capillaire.

Fig. 11. — Transformation des globules blancs en globules rouges. — 1. Globules blancs remplis en totalité de granulations vésiculeuses. — 2. Globules blancs dont les trois éléments sont bien apparents et dont le protoplasma granuleux est très clair. — 3. Globules blancs dont le protoplasma était homogène, et dont les granulations ont reparu sous l'influence des réactifs; leur forme est celle des globules rouges, mais leur noyau a conservé sa figure arrondie. — 4. Globules qui commencent à se colorer et qui établissent la transition entre les blancs et les rouges. — 5. Globules rouges adultes. — 6. Vieux globules.

Fig. 12. — Globules rouges traités par l'acide cyanhydrique. Cet acide au 100ᵉ produit la diapédèse des noyaux. — 1, 1. Noyaux qui ont conservé leur situation normale. — 2, 2, 2. Noyaux qui passent au travers de l'enveloppe. — 3. Noyau sorti mais encore adhérent à cette enveloppe. — 4, 4. Noyaux flottants dans le réactif. — 5, 5. Globules sans noyaux.

Fig. 13. — Globules rouges traités par l'eau chloroformée. Ce réactif produit le même effet que le précédent. — 1, 1. Noyaux sur lesquels l'eau chloroformée n'a exercé aucune action. — 2, 2, 2. Noyaux sortant de leur globule. — 3. Noyau sorti et uni encore à son globule par un point de sa périphérie. — 4, 4. Noyaux libres. — 5, 5. Globules dépourvus de noyaux.

Fig. 14. — Globules rouges traités par le curare au 600ᵉ. — Les phénomènes qui se produisent sous l'influence de ce poison ne diffèrent pas de ceux que déterminent les deux poisons précédents; il produit presque immédiatement la diapédèse des noyaux.


GRENOUILLE
Fig. 1
Fig. II
Fig. III
Fig. IV
Fig. V
Fig. VI
Fig. VII
Fig. VIII
Fig. IX
Fig. X
Fig. XI
TÊTARD DE GRENOUILLE
Fig. XII
Fig. XIII
Fig. XIV

Sappey del.

PLANCHE VII

SANG DES BATRACIENS

CRAPAUD

Fig. 1. — **Globules rouges du crapaud.** Ils présentent la même configuration que ceux du triton et de la grenouille. — 1, 1. Globules vus de face. — 2, 2. Globules vus par leur bord.

Fig. 2. — **Noyaux de ces globules.** Ils sont allongés, aplatis, de figure elliptique et composés de grosses granulations que la plupart des réactifs mettent en évidence.

Fig. 3. — **Granulations du protoplasma de ces mêmes globules.** — 1, 2, 3. Trois groupes de globules rouges traités chacun par un réactif différent, et dont les granulations du protoplasma sont également manifestes. (Pour la composition de ces réactifs, voyez le texte descriptif relatif au sang du crapaud.)

Fig. 4. — **Globules blancs du sang du crapaud.** — 1, 1, 1. Globules remplis de granulations vésiculeuses. — 2. Globules semblables, mais dont le protoplasma est moins abondant. — 3, 3. Globules dont les trois parties constituantes se montrent très nettement.

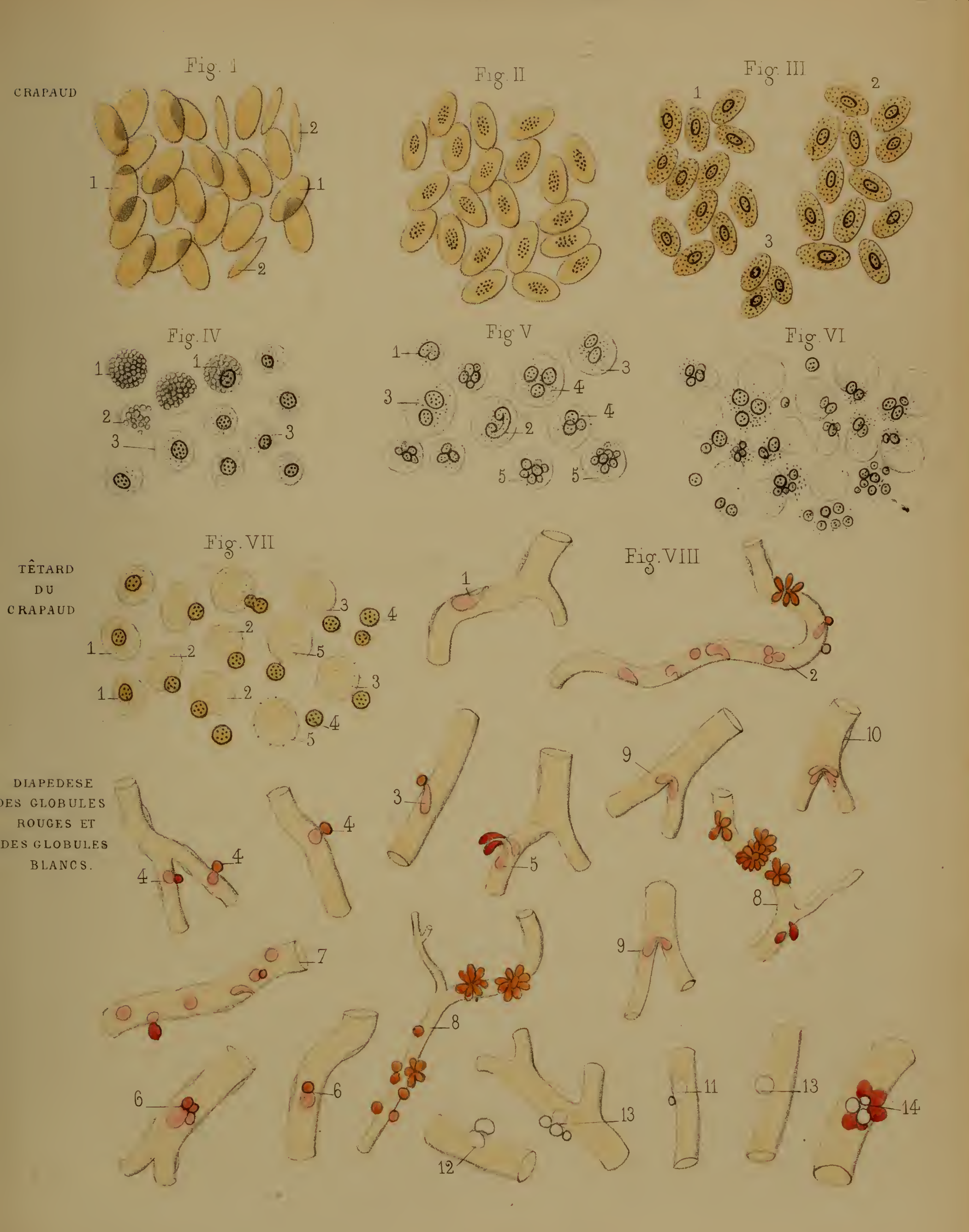
Fig. 5. — **Globules blancs en voie de prolifération.** — 1. Globule sur lequel on remarque une dépression anguleuse, premier vestige d'une segmentation prochaine. — 2. Un autre globule dont le noyau, plus profondément déprimé, a pris la forme d'un cylindre incurvé et renflé à ses extrémités. — 3, 3. Globules contenant deux globulins. — 4, 4. Globules qui en contiennent trois. — 5. Globules qui en présentent un plus grand nombre.

Fig. 6. — **Globulins sortant de leurs globules.** Ces globulins sortent par voie de diapédèse, en sorte qu'après leur sortie on trouve intacte l'enveloppe des globules blancs. Leur volume chez le crapaud est très inégal ; ils forment d'abord de petits groupes qu'entourent les granulations du protoplasma, puis se dissocient et deviennent bientôt indépendants.

TÊTARD DU CRAPAUD

Fig. 7. — **Globules rouges du têtard de crapaud.** Soumis à l'action de l'eau chloroformée, du curare au 400e et de l'acide cyanhydrique au 100e, ces globules se comportent comme ceux du têtard de la grenouille et du triton ; leur noyau sort par voie de diapédèse. — 1, 1. Globules dont le noyau est resté en place. — 2, 2, 2. Globules dont le noyau traverse l'enveloppe. — 3, 3. Globules dont le noyau est sorti. — 4, 4. Noyaux libres. — 5, 5. Globules sans noyau.

Fig. 8. — **Diapédèse des éléments figurés du sang.** Chez les têtards des trois ordres de batraciens, on voit ces éléments traverser sur quelques points les parois des capillaires. C'est au moment où la circulation se ralentit que leur diapédèse commence à se produire. — 1. Globule rouge qui adhère par une de ses extrémités aux parois du vaisseau et qui a pris une configuration piriforme. — 2. Vaisseau plus petit dont les parois donnent attache à plusieurs globules de même forme. A la partie supérieure de ce vaisseau on remarque un groupe de six globules qui sont sortis de sa cavité, mais qui lui adhèrent extérieurement. — 3. Autre globule rouge piriforme dont une extrémité a traversé les parois du capillaire correspondant. — 4, 4, 4. Globules dont une moitié est sortie, tandis que l'autre reste appliquée aux parois du vaisseau. — 5. Deux globules juxtaposés qui affectent une disposition analogue, mais chacune de leur moitié est allongée et conoïde. — 6, 6. Globules qui sont aussi en partie intra-vasculaires et en partie extra-vasculaires; seulement, au lieu d'avoir traversé les parties latérales du vaisseau, ils répondent à sa paroi antérieure. — 7. Capillaire aux parois duquel adhèrent plusieurs globules qui répondent les uns à sa paroi antérieure, les autres à ses parois latérales. — 8, 8. Deux vaisseaux recouverts de globules rouges qui sont, les uns réunis en groupe, les autres isolés. — 9, 9. Globules à cheval sur un éperon, mais non adhérents ; cependant on les voit souvent rester très longtemps dans cette position. — 10. Deux globules à cheval sur le même éperon. — 11. Globule blanc dont une très petite partie a traversé les parois du vaisseau. — 12. Globule blanc dont une moitié est intra-vasculaire et l'autre extra-vasculaire. — 13, 13. Globules blancs qui sont entièrement sortis, mais qui semblaient adhérer encore aux parois du vaisseau. — 14. Un groupe de globules blancs et rouges implantés par une de leurs extrémités sur la surface externe du capillaire dont ils sont sortis.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & Cie Paris

PLANCHE VIII

SANG DES REPTILES

EUVRE **Fig. 1.** — **Globules rouges du sang d'une couleuvre.** Ces globules sont vus de face. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau, qui est ici très pâle et peu distinct.

Fig. 2. — **Les trois éléments des globules précédents.** — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma granuleux.

Fig. 3. — **Globules blancs du sang de la couleuvre.** — 1, 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2. Globule dont le protoplasma ne voile pas entièrement le noyau. — 3, 3. Globules à protoplasma granuleux dont les trois parties constituantes sont en évidence.

Fig. 4. — **Globules blancs de la couleuvre en voie de prolifération.** — 1. Globule contenant deux globulins. — 2. Globule qui en contient trois. — 3, 3. Globulins s'échappant de leur cavité. — 4, 4. Globulins en liberté. — 5. Globulins déjà pourvus d'une enveloppe.

Fig. 5. — **Globules rouges d'un embryon de couleuvre.** Cet embryon avait 4 millimètres, son développement correspondait à celui d'un poulet au troisième jour de l'incubation.

Fig. 6. — **Globules blancs du même embryon.** Ils sont notablement plus gros que les précédents et renferment tous un protoplasma vésiculeux.

RVET **Fig. 7.** — **Globules rouges de l'orvet.** Ces globules ne diffèrent pas de ceux de la couleuvre. Ils sont vus de face ; on entrevoit leur noyau.

Fig. 8. — **Granulations du protoplasma de ces globules.** — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau allongé et granuleux. — 3, 3. Leur protoplasma.

Fig. 9. — **Globules blancs du sang de l'orvet.** — 1. Globule à protoplasma vésiculeux. — 2. Globule semblable dont le protoplasma est moins abondant. — 3. Globule dont les trois éléments se voient. — 4, 4. Globules à protoplasma granuleux. — 5, 5. Globules en voie de prolifération.

ÉZARD **Fig. 10.** — **Globules rouges du sang d'un lézard.** Tous ces globules sont vus de face ; on n'aperçoit que vaguement leur noyau.

Fig. 11. — **Noyau de ces globules.** Tous ces noyaux sont composés de granulations. — 1, 1. Enveloppe des globules. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma dont les granulations ici ne sont pas mises en lumière, afin de laisser voir celles des noyaux.

Fig. 12. — **Protoplasma des mêmes globules.** — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma formé aussi de granulations.

Fig. 13. — **Enveloppe des globules précédents.** Cette enveloppe se trouve ici isolée par suite de la rétraction en masse du protoplasma.

Fig. 14. — **Globules blancs du sang du lézard.** — 1, 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux.

Fig. 15. — **Les mêmes globules en voie de prolifération.** Le nombre de leurs globulins varie de deux à cinq.

ORTUE **Fig. 16.** — **Globules rouges du sang de la tortue.** Ces globules sont vus de face ; leur noyau, très pâle, est arrondi.

Fig. 17. — **Les trois éléments de ces globules.** — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau arrondi et granuleux. — 3, 3. Leur protoplasma composé aussi de granulations.

Fig. 18. — **Globules blancs du sang de la tortue.** — 1, 1, 1. Gobules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux. — 3. Globule en voie de prolifération.

Fig. 19. — **Globules blancs du sang des reptiles en voie de transformation.** — 1, 1. Globules blancs à protoplasma vésiculeux. — 2. Globule semblable dont le noyau est apparent. — 3. Globule à protoplasma granuleux, très clair. — 4. Le même globule qui a pris la forme des globules rouges, mais dont le noyau est encore arrondi et granuleux. — En 5, il commence à se colorer. — En 6, il a pris la couleur rouge. — 7. Vieux globule rouge.



Sappey del   Ed Cuyer lith   Imp Lemercier & Cie Paris

PLANCHE IX

SANG DES OISEAUX

GALLINACÉES

Fig. 1. — Globules rouges du sang de la poule. — 1, 1. Globules vus de face; leur noyau n'est pas apparent. — 2, 2. Globules vus par leur bord.

Fig. 2. — Noyau de ces globules. Ce noyau est allongé et elliptique; on voit qu'il se compose uniquement de granulations.

Fig. 3. — Protoplasma des mêmes globules. Comme le noyau, ce protoplasma est formé exclusivement de granulations très serrées, de même forme et d'égal volume.

Fig. 4. — Les trois éléments des globules précédents. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Leur protoplasma.

Fig. 5. — Globules blancs du sang de la poule. — 1, 1, 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux. — 3, 3. Globules dont le noyau est segmenté.

Fig. 6. — Globules rouges d'un embryon de poulet au septième jour de l'incubation. Ils sont plus petits que dans l'âge adulte et moins allongés. Leur noyau est très distinct.

Fig. 7. — Globules blancs du même embryon. Ils sont plus volumineux que les globules rouges et de forme sphérique; leurs trois éléments sont très apparents.

Fig. 8. — Ces mêmes globules blancs en voie de prolifération. Ils n'existent encore qu'en petit nombre, mais à cet âge leur existence est déjà constante.

PALMIPÈDES

Fig. 9. — Globules rouges du sang du canard. — 1, 1. Ces globules vus de face. — 2, 2. Les mêmes globules vus par leur bord.

Fig. 10. — Noyau de ces globules. Ce noyau est très allongé et parallèle au grand axe des globules; il est formé de granulations.

Fig. 11. — Protoplasma des mêmes globules. Il remplit leur cavité et se compose, comme le noyau, de granulations très manifestes.

Fig. 12. — Les trois éléments de ces globules. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau, qu'on peut distinguer à travers les granulations du protoplasma — 3, 3. Ce protoplasma.

Fig. 13. — Globules blancs du sang du canard. — 1, 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux dont les trois éléments sont bien visibles.

Fig. 14. — Les mêmes globules en voie de prolifération. — 1, 1. Globules dont le noyau s'est divisé en plusieurs globulins. — 2. Globulins sortis de leurs globules. — 3. Globulins plus âgés et déjà pourvus d'une enveloppe.

PASSEREAUX

Fig 15. — Globules rouges du moineau. — 1, 1. Ces globules vus de face. — 2, 2. Les mêmes globules vus par leur circonférence.

Fig. 16. — Noyau de ces globules. Ce noyau est très allongé et granuleux comme celui des gallinacés et des palmipèdes.

Fig. 17. — Protoplasma des mêmes globules. On voit que ce protoplasma est essentiellement granuleux.

Fig. 18. — Globules blancs du sang du moineau. Ils sont de deux ordres, comme chez tous les animaux que nous avons déjà passés en revue. — 1. Globules framboisés de couleur sombre. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux de couleur claire.

Fig. 19. — Transformation d'un globule blanc d'oiseau en globule rouge. — 1. Globule blanc à protoplasma vésiculeux. — 2. Globule semblable dont le noyau est apparent. — 3. Globule à protoplasma granuleux. — 4. Globule dont les granulations ont presque entièrement disparu. — 5. Globule qui prend la forme des globules rouges, mais dont le noyau est encore arrondi et granuleux. — 6. Jeune globule rouge. — 7. Globule adulte. — 8. Vieux globule.



Sappey del   Ed. Cuyer lith   Imp Lemercier & Cie Paris

PLANCHE X

SANG DES SOLIPÈDES ET DES RUMINANTS

EVAL

Fig. 1. — Globules rouges du sang du cheval. — 1, 1. Leurs dimensions réelles. — 2, 2. Les mêmes globules un peu grossis et vus de face. — 3, 3. Ces globules vus par leur bord.

Fig. 2. — Granulations des globules précédents.

Fig. 3. — Les mêmes globules décolorés.

Fig. 4. — Enveloppe de ces globules.

Fig. 5. — Les trois éléments des globules rouges du cheval. — A. Ces globules un peu grossis. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Point d'union de l'enveloppe et du noyau. — B. L'un des globules précédents dont le diamètre a été doublé. — 1. Son enveloppe. – 2. Son protoplasma réduit à l'état d'une mince couche. — 3. Son noyau très volumineux, qui s'est rétracté. — 4. Union du noyau et de l'enveloppe. — 5. Granulations du noyau qui s'échappent sous la forme d'un jet de poussière. — C. Globule dont la partie adhérente du noyau est vue de face — 1. Son enveloppe. — 2. Protoplasma. — 3. Noyau. — 4. Son point d'adhérence. — D. Globule dont le contenu est presque entièrement sorti. — E. Globule vide. — F. Globule vide aussi, mais dont la partie adhérente du noyau est vue de face.

Fig. 6. — Les globules de la figure A décolorés. Ainsi privés de leur matière colorante, ils se trouvent ramenés à leur état primitif, c'est-à-dire à l'état de globules blancs. — 1, 1. Leur noyau. — 2, 2. Leur protoplasma. — 3, 3. Leur enveloppe.

Fig. 7. — Globules blancs du cheval. — 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules à protoplasma granuleux.

Fig. 8. — Globules blancs du cheval en voie de prolifération.

Fig. 9. — Un groupe de globules proliférants.

Fig. 10. — Les mêmes globules grossis.

Fig. 11. — Globules blancs et rouges du cheval. Ces globules sont traités par l'acide acétique à 75 degrés, qui pâlit les rouges et qui rougit le noyau des blancs. — 1, 1. Globules rouges. — 2, 2. Noyau des globules blancs. — 3, 3. Globules blancs munis de leur enveloppe. — 4, 4. Globules blancs dont le noyau est segmenté.

BŒUF

Fig. 12. — Globules rouges du sang du bœuf. — 1, 1. Globules vus de face. — 2, 2. Globules vus par leur circonférence.

Fig. 13. — Granulations de ces globules.

Fig. 14. — A. **Les trois éléments des mêmes globules.** — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur noyau. — 3, 3. Point d'union du noyau et de l'enveloppe. — B. L'un des globules précédents grossis. — 1. Son enveloppe. — 2. Son protoplasma. — 3. Son noyau. — 4. Union de celui-ci à l'enveloppe et granulations qui s'échappent par ce point d'union. — C. Même globule dont la partie adhérente du noyau est vue de face. — 1, 2, 3, 4. Indiquent les mêmes détails. — D. Globule dont le contenu est sorti pour la plus grande partie. — E. Globule vide.

Fig. 15. — Globules blancs du bœuf. — 1, 1. Globules à grosses granulations. — 2, 2. Globules finement granuleux. — 3, 3. Globules proliférants.

OUTON

Fig. 16. — Globules rouges du mouton.

Fig. 17. — Granulations de ces globules.

Fig. 18. — Les trois éléments des mêmes globules. — A. Leur noyau et enveloppe. — B, C, D, E, F. Globules grossis dont les trois éléments sont plus distincts.

Fig. 19. — Globules blancs du mouton. — 1. Globules à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules finement granuleux.



Sappey del. Ed Cuyer lith Imp Lemercier & Cie Paris

PLANCHE XI

SANG DES PACHYDERMES ET DES RONGEURS

COCHON

Fig. 1. — Globules rouges du sang du cochon. Ces globules présentent leur diamètre normal ; ils sont vus de face.

Fig. 2. — Granulations des mêmes globules un peu grossis.

Fig. 3. — Les globules précédents décolorés et néanmoins granuleux.

Fig. 4. — Enveloppe de ces globules, dont les granulations sont sorties.

Fig. 5. — Leurs trois éléments. — 1, 1. Globules rouges dont le noyau est rétracté et adhérent à l'enveloppe par un point de sa périphérie. — 2. L'un de ces globules grossi dont le point d'adhérence du noyau est vu de profil. — 3. Le même globule dont le point d'adhérence du noyau est vu de face. — 4. Globule vide.

Fig. 6. — Les globules de la figure précédente décolorés. Cette décoloration les ramène à l'état de globules blancs.

Fig. 7. — Globules blancs du cochon. — 1. Globules mûriformes de couleur foncée. — 2, 2. Globules finement granuleux, de couleur claire. — 3, 3. Globules en voie de prolifération.

Fig. 8. — Les mêmes globules traités par l'acide acétique à 90 degrés. — 1, 1. Globules rouges décolorés. — 2, 2. Noyau des globules blancs qui ont pris une couleur rouge. — 3, 3. Globules blancs munis de leur enveloppe. — 4, 4. Globules dont le noyau est segmenté.

Fig. 9. — Transformation d'un globule blanc en globule rouge. — 1. Globule blanc à protoplasma vésiculeux. — 2. Ce même globule dont le protoplasma n'est plus représenté que par de fines granulations qui laissent voir le noyau. — 3. L'enveloppe se rapproche du noyau qui conserve ses dimensions. — 4. L'enveloppe plus rétractée encore est presque en contact avec le noyau. — 5. L'enveloppe s'applique au noyau et semble disparaître.

LAPIN

Fig. 10. — Globules rouges du sang du lapin.

Fig. 11. — Granulations de ces globules. Leur volume a été un peu grossi.

Fig. 12. — Leurs trois parties constituantes. — 1, 1. Globules sur lesquels le noyau et l'enveloppe se voient très clairement. — 2. Globule grossi afin de montrer avec la même netteté le protoplasma. — 3. Ce même globule dont la partie adhérente du noyau est vue de face.

Fig. 13. — Les globules de la figure précédente décolorés. En les décolorant, le réactif les a ramenés à l'état de globules blancs.

Fig. 14. — Globules blancs du lapin. — Ils ne diffèrent pas des précédents.

COCHON D'INDE

Fig. 15. — Globules rouges du cochon d'Inde.

Fig. 16. — Granulations de ces globules un peu grossis.

Fig. 17. — Leurs trois éléments. — 1, 1. Globules à peine grossis. — 2. Globules grossis davantage afin de montrer plus clairement les trois parties qui les composent.

Fig. 18. — Globules blancs du cochon d'Inde. — 1. Trois globules mûriformes de couleur sombre. — 2, 2. Globules de couleur claire dont le noyau est très apparent. — 3, 3. Globule en voie de prolifération. — 4. Globulins en liberté.

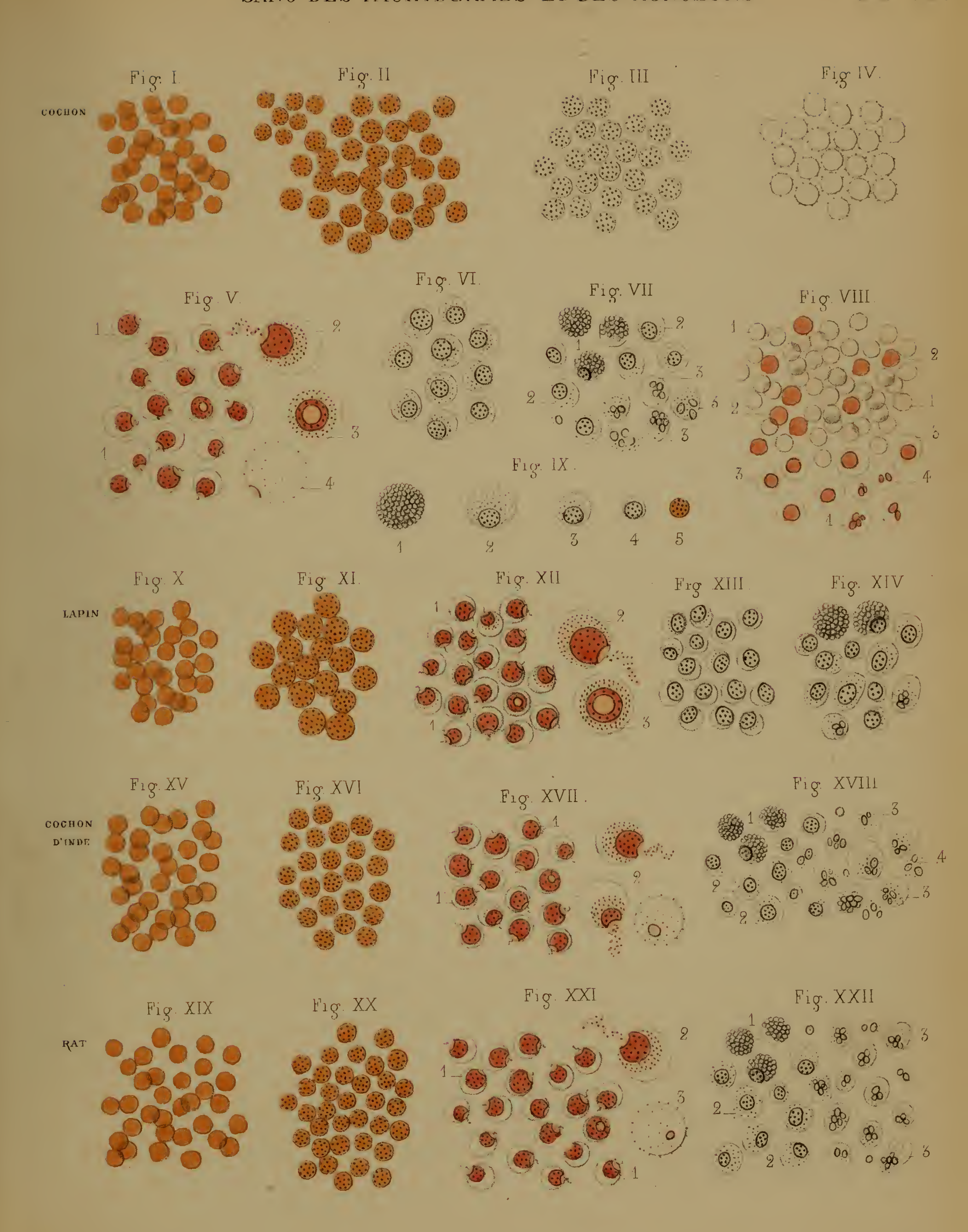
RAT

Fig. 19. — Globules rouges du rat.

Fig. 20. — Granulations de ces globules.

Fig. 21. — Leurs trois éléments. — 1, 1. Globules dont le noyau et l'enveloppe sont bien manifestes. — 2. Globule plus gros avec ses trois éléments. — 3. Globule vide.

Fig. 22. — Globules blancs du rat. — 1. Globules remplis de grosses granulations vésiculeuses. — 2, 2. Globules finement granulés. — 3, 3. Globules qui prolifèrent.



Sappey del Ed Cuyer lith Imp Lemercier & Cie Paris

PLANCHE XII

SANG DES CARNASSIERS

CHIEN

Fig. 1. — Globules rouges du sang du chien. — A. Un groupe de ces globules. — B. Un autre groupe auquel se trouvent mêlés des globules blancs. Ces deux ordres de globules sont mis en présence pour montrer que le noyau des globules blancs offre un volume égal à celui des globules rouges. — 1, 1. Globules rouges. — 2, 2. Globules blancs. — 3, 3. Leur noyau.

Fig. 2 — Noyau des globules blancs rougi par l'acide acétique à 75 degrés. — 1, 1. Globules rouges décolorés par cet acide. — 2, 2. Noyau des globules blancs qui ont pris une couleur rouge. — 3, 3. Les mêmes globules dont on voit l'enveloppe.

Fig. 3. — Granulations des globules rouges. — A. Ces globules qui ont conservé leur cou-leur. — B. Les mêmes globules décolorés.

Fig. 4. — Les trois éléments des globules rouges. — A. Ces globules dont on voit le noyau et l'enveloppe. — B. Les mêmes globules plus grossis sur lesquels on distingue leurs trois éléments dans tous leurs détails. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur protoplasma. — 3, 3. Leur noyau. — 4, 4. Sa continuité avec l'enveloppe. — 5. Fusée pulvérulente qui part du noyau et qui a pour résultat la réduction du volume de celui-ci. — C. Globule vide.

Fig. 5. — Les globules précédents décolorés. Ainsi décolorés ils se trouvent complètement ramenés à l'état de globules blancs. — 1, 1. Enveloppe de ces globules. — 2, 2. Leur noyau.

Fig. 6. — Globules blancs du sang du chien. — 1. Globule à protoplasma vésiculeux. — 2, 2. Globules dont les trois éléments se montrent. — 3, 3. Globules en voie de prolifération. — 4, 4. Globulins. — 5. Globulin déjà entouré de son enveloppe.

CHAT

Fig. 7. — Globules rouges du sang du chat. Ils ont leurs dimensions normales.

Fig. 8. — Granulations de ces globules qui ont été un peu grossis.

Fig. 9. — Ces mêmes granulations qui ont été décolorées.

Fig. 10. — Enveloppe des globules rouges. Chaque enveloppe présente un point sombre ; c'est par ce point que sont sortis le noyau et le protoplasma.

Fig. 11. — Structure des globules rouges. — A. Groupe de globules grossis dont les trois éléments sont visibles. — B. Un globule plus gros sur lequel ils sont plus apparents. — C. Globule semblable dont le noyau est considérablement réduit.

Fig. 12. — Globules blancs et rouges. On voit que le volume de ceux-ci ne dépasse pas le volume du noyau des globules blancs.

Fig. 13. — Globules blancs du chat en voie de prolifération.

HÉRISSON

Fig. 14. — Globules rouges du sang du hérisson.

Fig. 15. — Granulations de ces globules. — En A, elles ont conservé leur couleur. — En B, elles sont décolorées.

Fig. 16. — Leurs trois parties constituantes. — A. Groupe de globules sur lesquels on peut les distinguer. — B. Deux globules plus gros qui les montrent plus clairement.

Fig. 17. — Globules du groupe A décolorés et ramenés à l'état de globules blancs.

Fig. 18. — Globules blancs du sang du hérisson.

Fig. 19. — Globules en voie de prolifération.

Fig. 20. — Transformation d'un globule blanc de carnassier en globule rouge. — 1. Globule blanc dont le protoplasma seul est visible. — En 2, ses trois éléments sont apparents. — En 3, son enveloppe se rapproche du noyau. — En 4, elle lui adhère déjà en partie. — En 5, le globule rouge est constitué.



Sappey del. Ed. Cuyer lith Imp. Lemercier & Cie Paris

PLANCHE XIII

SANG DE L'HOMME

Fig. 1. — Globules rouges du sang de l'homme. — 1, 1. Globules isolés et vus de face. — 2, 2. Ces mêmes globules réunis en pile et vus par leur circonférence.

Fig. 2. — Granulations des globules précédents.

Fig. 3. — Ces mêmes granulations entièrement décolorées.

Fig. 4. — Globules rouges réduits à leur enveloppe.

Fig. 5. — Structure des globules rouges. — A. Globules grossis dont les trois éléments sont distincts. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur protoplasma réduit à une couche mince. — 3, 3. Leur noyau; il est granuleux comme la couche précédente. — B. Un globule qui a été grossi davantage afin de montrer plus clairement les détails de sa structure. — 1. Enveloppe. — 2. Protoplasma. — 3. Noyau. — 4. Continuité de ce noyau avec l'enveloppe. — 5. Fusée granuleuse qui s'échappe du noyau sous l'influence du réactif et qui, en réduisant son volume, met en évidence les trois parties du globule. — C. Globule semblable vu de face. — D. Globule du même diamètre dont le noyau a déjà en très grande partie disparu. — E. Globule vide.

Fig. 6. — Les globules de la figure précédente décolorés. Privés de leur hémoglobine, ils ont repris tous les caractères des globules blancs. — 1, 1. Leur enveloppe. — 2, 2. Leur protoplasma. — 3, 3. Leur noyau.

Fig. 7. — Globules blancs du sang de l'homme.

Fig. 8. — Ces mêmes globules en voie de prolifération.

Fig. 9. — Parallèle des globules rouges et des globules blancs. — 1, 1. Globules rouges. — 2, 2. Globules blancs. — 3, 3. Noyau de ces globules; on voit que le volume de ces noyaux est égal au volume des globules rouges.

Fig. 10. — Même parallèle établi sur un autre principe. Les deux ordres de globules sont traités par l'acide acétique à 75 degrés. — 1, 1. Globules rouges qui ont été pâlis par l'acide. — 2, 2. Globules blancs dont le noyau est rougi par cet acide. — 3, 3. Globules blancs dont le noyau seul est apparent.

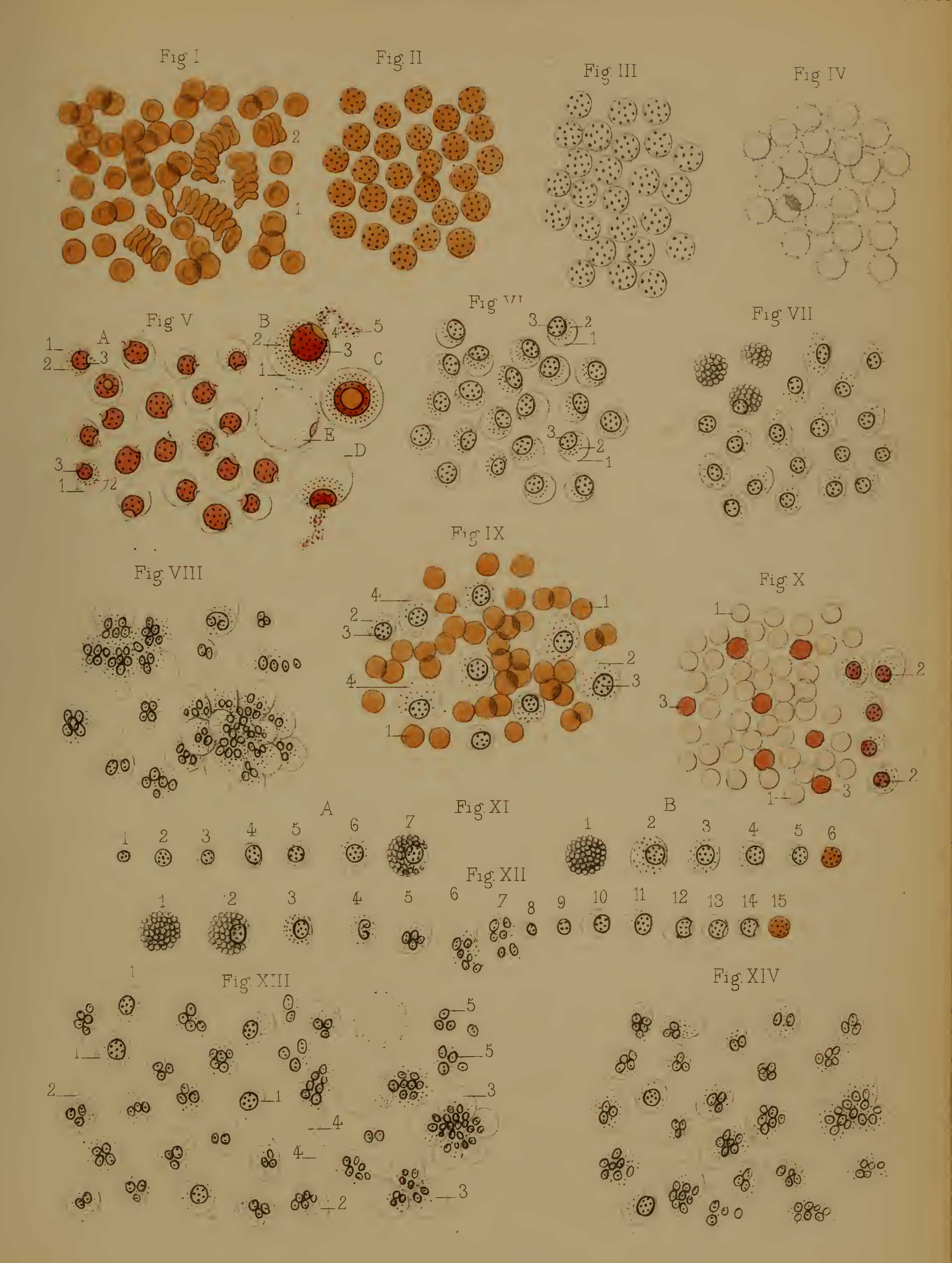
Fig. 11. — Évolution et transformation des globules blancs en globules rouges. — A. Évolution d'un globule blanc. — En 1, il existe à l'état de globulin. — En 2, il est déjà plus gros. — En 3, son enveloppe se montre. — En 4 et en 5, il continue à se développer. — En 6, son protoplasma est granuleux. — En 7, il devient vésiculeux.

B. Transformation de ce globule blanc en globule rouge. — En 1, on n'aperçoit pas son noyau. — En 2, son noyau est apparent. — En 3, 4 et 5, l'enveloppe se rapproche de plus en plus du noyau. — En 6, elle se confond avec celui-ci et le noyau se colore.

Fig. 12. — Évolution complète d'un élément figuré. — 1. Globule blanc dont le protoplasma seul est apparent. — En 2, son noyau se montre. — En 3, on distingue ses trois éléments. — En 4, le noyau s'allonge et se recourbe; il ne tardera pas à se segmenter. — En 5, il est divisé en quatre globulins. — En 6, ces globulins sortent. — En 7, ils flottent dans le plasma du sang. — En 8, l'un de ces globulins s'entoure d'une enveloppe. — En 9, 10, 11, il continue à se développer. — En 12, il atteint son complet développement. — En 13, son enveloppe se rapproche du noyau. — En 14, elle lui est presque contiguë. — En 15, elle s'identifie avec lui et le noyau prend une coloration rouge.

Fig. 13. — Globules blancs d'une femme au neuvième mois de la gestation. — 1, 1, 1. Globules non segmentés. — 2, 2. Globules dont le noyau est divisé en plusieurs globulins. — 3, 3. Petits groupes de globules en voie de prolifération. — 4, 4. Globulins sortants. — 5, 5. Globulins libres.

Fig. 14. — Ces mêmes globules chez l'enfant naissant. Ils sont presque tous en voie de prolifération et se comportent sous ce rapport comme ceux de la mère.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & Cie Paris

PLANCHE XIV

GLOBULES DU PUS

HOMME

Fig. 1. — Pus d'un abcès par congestion. Il provenait de l'articulation coxo-fémorale d'un jeune homme de vingt-cinq ans. — 1, 1, 1. Globules blancs dont le noyau n'est pas segmenté. — 2, 2. Globules dont le noyau s'allonge, se recourbe, et ne tardera pas à se diviser. — 3, 3. Globules contenant des globulins. — 4, 4. Globulins qui sortent de leurs globules.

Fig. 2 — Pus d'un autre abcès par congestion. Ce pus avait pour point de départ les vertèbres lombaires d'une jeune fille de seize ans. — On voit qu'il se compose, comme le précédent, de globules blancs non proliférés, de globules à prolifération commençante et de globules en pleine prolifération; ces derniers étaient incomparablement plus nombreux.

Fig. 3. — Pus provenant d'un abcès froid. Les globules blancs qui le composent ne diffèrent pas de ceux qui précèdent.

Fig. 4. — Pus d'un abcès phlegmoneux. Les globules blancs de cet abcès sont semblables à ceux des abcès froids.

Fig. 5. — Pus d'un autre abcès phlegmoneux. Les globules blancs de cet abcès ont pour caractère distinctif des granulations graisseuses dont ils sont comme infiltrés. — 1. Globule qui en est dépourvu. — 2. Globule qui en est au contraire rempli. — 3, 3. Globules dans lesquels elles se montrent en moins grand nombre et plus fines. — 4, 4. Globules dont le noyau n'est pas segmenté, mais qui sont aussi pénétrés de ces granulations. — 5, 5. Globulins libres.

Fig. 6. — Pus composé de quatre ordres de globules. — 1, 1. Globules rouges en partie décolorés, mais dont les granulations ne sont pas encore apparentes. — 2, 2. Globules rouges incolores et granuleux. — 3, 3. Globules blancs dont le noyau n'est pas divisé. — 4, 4. Globules blancs en état de prolifération.

Fig. 7. — Pus exclusivement composé de globules rouges. Ce pus provenait de la surface d'un moignon d'amputation. — 1, 1. Globules rouges de teinte très pâle. — 2, 2. Globules rouges décolorés et granuleux.

CHIEN

Fig. 8. — Globules du pus chez le chien. Entre ces globules et ceux du pus de l'homme, il n'y a aucune différence.

Fig. 9. — Pus provenant d'une plaie du cou chez un chien. Cette plaie datait de quarante-huit heures. Le pus recueilli dans un verre conique s'est partagé en deux couches, l'une supérieure de couleur rosée, l'autre inférieure de couleur blanche. — A. Couche rosée. — 1, 1. Globules rouges en partie décolorés. — 2, 2. Globules rouges entièrement décolorés et granuleux. — 3, 3. Deux globules blancs en prolifération. — 4, 4. Granulations d'hémoglobine. Ce sont ces granulations surtout qui donnaient à la couche supérieure sa teinte rosée. — B. Couche blanche ou intérieure; elle se composait uniquement de globules blancs proliférants.

Fig. 10. — Pus de la même plaie, recueilli le cinquième jour de la suppuration. La prolifération était plus complète; on ne trouvait plus de globules non segmentés.

Fig. 11. — Globules purulents des capillaires. Les globules infiltrés dans les parois de la plaie, et provenant des capillaires enflammés, ne différaient pas de ceux qui recouvraient sa surface; comme ceux-ci ils sortent des vaisseaux par voie de diapédèse.

LAPIN

Fig. 12. — Globules purulents d'une plaie cervicale chez le lapin.

Fig. 13. — Globules purulents des capillaires sanguins infiltrés dans les parois de cette plaie. Ils sont semblables à ceux du chien, à ceux de l'homme et à ceux de tous les autres mammifères.

POULE

Fig. 14. — Pus d'un oiseau (poule).

TRITON

Fig. 15. — Pus d'un reptile (triton). Comme celui des oiseaux et des mammifères, il se compose de globules blancs en voie de prolifération; mais cette prolifération, chez les reptiles et chez les oiseaux, est beaucoup plus difficile à produire que chez les vertébrés supérieurs.



Sappey del. Ed Cuyer lith. Imp Lemercier & Cie Paris

PLANCHE XV

ALTÉRATIONS MORBIDES DES GLOBULES BLANCS

HYPERTROPHIE

Fig. 1. — **Hypertrophie des globules blancs des ganglions.** Cette hypertrophie avait pour siége les ganglions lymphatiques du cou. A l'état normal, les globules blancs des ganglions sont représentés par de simples globulins plus ou moins développés; sous l'influence de l'hypertrophie, ils passent de la première période de leur développement à la seconde. — A. Globules blancs normaux ou globulins. B. Globules blancs hypertrophiés.

Fig. 2. — **Hypertrophie compliquée d'altération graisseuse.** Plusieurs ganglions de l'aisselle qui m'ont été adressés par M. Berger offraient cette double altération. Dans tous les globules blancs, les trois éléments étaient bien distincts. Tous étaient infiltrés de granulation graisseuse dont la proportion variait; quelques-uns en étaient remplis.

Fig. 3. — **Hypertrophie des globules blancs de l'amygdale.** Ces globules, comme presque tous ceux des glandes vasculaires sanguines, sont aussi de simples globulins. — A. Groupe de globules à l'état normal. — B. Groupe de globules hypertrophiés.

CANCER ENCÉPHALOÏDE

Fig. 4. — **Altérations des globules blancs dans le cancer encéphaloïde.** Tous ces globules blancs flottaient dans le sang des veines qui partaient de la tumeur. Ils étaient hypertrophiés, infiltrés de granulations graisseuses et en voie de prolifération pour la plupart. — 1. Globules qui étaient encore peu altérés et dont le noyau n'offrait aucune trace de segmentation. — 2. Globules profondément altérés et cancéreux.

Fig. 5. — **Globules blancs pris dans les parties ramollies de la tumeur.** Ils offraient la plus frappante similitude avec ceux que les veines emportaient pour les verser dans le torrent de la circulation : accroissement considérable de volume, infiltration abondante de granulations graisseuses, énergique production de gros globulins tombant dans la cavité des globules; tels sont aussi les caractères morbides qui distinguaient ces globules blancs cancéreux.

SARCOME

Fig. 6. — **Globules blancs d'un sarcome de la mamelle.** Ces globules cancéreux ont été pris dans le sang d'une veine qui sortait de la tumeur. Ils ne présentent nulle trace de prolifération et sont remplis de granulations graisseuses dont un très grand nombre se font remarquer par leur couleur bistre et leur volume considérable. — 1, 1. Globules blancs qui étaie encore peu altérés. — 2, 2. Globules nettement cancéreux.

Fig. 7. — **Sang provenant d'une autre veine.** — 1, 1, 1. Globules rouges. — 2, 2. Globules rouges décolorés et granuleux. — 3, 3, 3. Globules blancs cancéreux.

Fig. 8. — **Globules blancs du sarcome.** La tumeur n'était sur aucun point ramollie ; les globules blancs qui en formaient l'élément principal étaient moins profondément altérés que ceux du sang sanieux des veines.

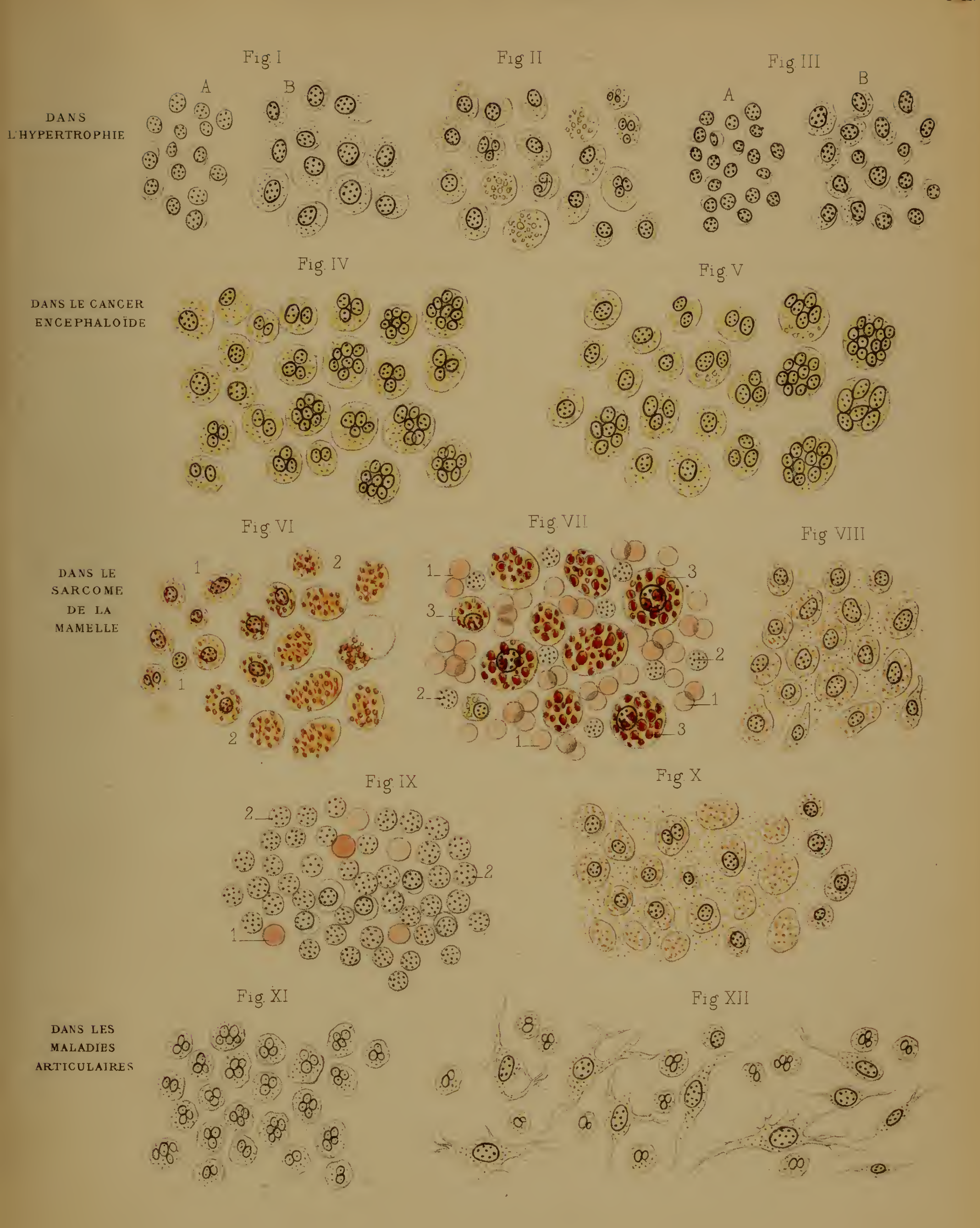
Fig. 9. — **Altérations des globules rouges.** Sur certains points ces globules étaient décolorés; sur d'autres ils l'étaient à peine. — 1, 1. Globules non décolorés. — 2, 2. Globules décolorés. Dans les intervalles on voit quelques globules blancs non altérés.

Fig. 10. — **Globules blancs des ganglions axillaires.** Ils étaient hypertrophiés et parfaitement semblables à ceux de la tumeur et du sang veineux.

FONGOSITÉS ARTICULAIRES

Fig. 11. — **Globules blancs des fongosités articulaires.** Au premier aspect on n'en distinguait aucune trace. Mais en soumettant ces fongosités à l'action de l'acide acétique, les globules blancs se montrèrent en grand nombre.

Fig. 12. — **Fibres naissantes de tissu conjonctif.** C'est dans la trame constituée par ces fibres que se trouvaient logés les globules blancs.



Sappey del. Ed. Cuyer lith. Imp. Lemercier & C.ie Paris

